

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO,  
FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS**

**CÁSSIA REGINA REIS MUNIZ**

**INVESTIGANDO O VALOR HEURÍSTICO DE UMA  
FERRAMENTA DE ANÁLISE DA APROPRIAÇÃO DA  
LINGUAGEM SOCIAL DA CIÊNCIA ESCOLAR**

**Salvador  
Out/2016**

**CÁSSIA REGINA REIS MUNIZ**

**INVESTIGANDO O VALOR HEURÍSTICO DE UMA  
FERRAMENTA DE ANÁLISE DA APROPRIAÇÃO DA  
LINGUAGEM SOCIAL DA CIÊNCIA ESCOLAR**

**Dissertação apresentada ao Programa de PósGraduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, da Universidade Federal da Bahia e da Universidade Estadual de Feira de Santana, para obtenção do título de Mestre em Ensino, História e Filosofia das Ciências, na área de concentração em Educação Científica e Formação de Professores.**

**Área de Concentração: Ensino de ciências**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Claudia Sepulveda**

**Coorientador: Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani**

**Salvador  
Out/2016**

**CÁSSIA REGINA REIS MUNIZ**

**Investigando o valor heurístico de uma ferramenta de análise da  
apropriação da linguagem social da ciência escolar**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências, na área de concentração em Educação Científica e Formação de Professores, Universidade Federal da Bahia, Universidade Estadual de Feira de Santana, pela seguinte banca examinadora:

**Banca Examinadora**

---

**Danusa Munford**  
**Faculdade de Educação**  
**Universidade Federal de Minas Gerais**

---

**Nei Nunes Neto**  
**Instituto de Biologia**  
**Universidade Federal da Bahia**

---

**Claudia de Alencar Serra e Sepulveda**  
**Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS**  
**Doutora em Ensino, História e Filosofia das Ciências**

---

**Charbel Niño El-Hani:**  
**Universidade Federal da Bahia - UFBA**  
**Doutor em Educação**

*Dedico este trabalho*

*A minha família Por ter contribuído  
para minha formação como ser humano*

*A Anna Cássia*

*A quem eu devo o reencontro com o  
prazer da pesquisa.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente para que fosse possível a realização desse trabalho. Obrigada a todos!

## RESUMO

O aprendizado dos conceitos científicos está atrelado a aprender a falar ciência utilizando seu próprio repertório para dar o sentido ao mundo. Para tanto, os estudantes necessitam saber os significados dos termos e combiná-los de acordo com as normas semânticas aceitas pela ciência escolar. Considerando a perspectiva sociocultural de aprendizagem, foi criada a ferramenta de avaliação da apropriação da linguagem da ciência escolar (FAALSCE) (SEPULVEDA et al.,2011), no contexto do grupo Colaboração em Pesquisa e Prática em Educação Científica, a fim de avaliar as respostas discursivas dos alunos para questões que tratavam sobre o conceito de adaptação numa visão darwiniana. Estes autores pretendem analisar os textos dos estudantes em Biologia funcional e, também, para tornar os dados produzidos pela ferramenta passíveis de serem analisados quantitativamente, então esta pesquisa surge no sentido de preencher estas lacunas. Foram analisados 78 textos produzidos sobre o tema sinalização e transporte de substâncias, em particular o transporte da glicose por estudantes do ensino médio de uma escola estadual do estado da Bahia, do município de Salvador em resposta a um questionamento presente no teste aplicado ao final da sequência didática de membrana plasmática com foco em modelos. O padrão temático foi construído com base nos livros didático, a literatura acadêmica e o discurso do professor. As relações semânticas entre os conceitos foram hierarquizadas em três níveis: básico (relações semânticas relacionadas a estrutura); intermediário (relações semânticas que estabeleciam o vínculo entre estrutura a função) e avançado (condensações semânticas que estabelecem a ligação entre diferentes processos). Os textos dos alunos foram analisados de acordo com 4 critérios: (1) relações semânticas; (2) ressignificação; (3) uso dos termos; (4) domínio da linguagem social da ciência escolar. A FAALSCE pode ser utilizada na análise de textos referentes a Biologia Funcional, uma vez que foi possível, utilizando os critérios, classificar os estudantes de acordo com seus escores. Os percentuais de congruência entre o padrão semântico apresentado no texto do estudante e o padrão da linguagem da ciência escolar foi no máximo de 16% para a relação proteína receptora agente do processo reconhecimento de substâncias. Com relação a ressignificação, 83% utilizaram suas próprias palavras para fala ciência. Os dados não permitem uma análise precisa sobre o domínio da linguagem, uma vez que a pergunta era específica e os

termos teóricos foram oferecidos na questão. Observou-se que 47% utilizaram as palavras como forma imprecisa com relação aos seus conceitos e que 38% de forma indicativa nomeando os objetos e processos, apenas 15% dos alunos conseguiram a apropriação conceitual dos termos. A FAALSCE permite, também, mapear as concepções alternativas acerca do conteúdo investigado. Nossos resultados apontam que apesar da necessidade de alguns ajustes metodológicos no sentido de solicitar que os alunos escrevam dois textos (sem e com palavras-chave) e a questão precisar ser mais geral, a FAALSCE pode ser usada tanto para pesquisa quanto na prática educacional de Biologia, se a perspectiva de aprendizagem adotada for sociocultural.

## ABSTRACT

The learning of scientific concepts is linked to learning to talk science using its own repertoire to give meaning to the world. Therefore, students need to know the meanings of terms and combine them according to the semantic rules accepted by the school science. Considering the sociocultural perspective of learning, was created the evaluation tool of appropriation of school science language (FAALSCE) (SEPULVEDA et al., 2011) in the context of the Collaboration Group Research and Practice in Science Education, in order to assess the discursive student responses to questions dealing on the concept of adaptation in a Darwinian view. The authors intend to analyze the texts of students in functional biology and also to make the data produced by the subject tool to be analyzed quantitatively, then this research arises in order to fill these gaps. They analyzed 78 texts produced on the subject signaling and transport of substances, in particular the transport of glucose by high school students from a public school of Bahia, in the city of Salvador in response to this question in the test applied to the end of didactic sequence of plasma membrane with a focus on models. The thematic pattern was built on the textbook, academic literature and the teacher's speech. The semantic relations between the concepts were prioritized into three levels: basic (semantic relationships related to structure); intermediate (semantic relations that established the link between structure function) and advanced (semantic condensations that establish the connection between different processes). The texts of the students were analyzed according to four criteria: (1) semantic relationships; (2) reframing; (3) use of terms; (4) the field of social language school science. The FAALSCE can be used in the analysis of texts related to Functional Biology, since it is possible, using criteria, classifying students according to their scores. The percentages of congruence between the semantic pattern presented in the student text and the pattern of school science language was a maximum of 16% for the ratio receptor protein agent process recognition substances. Regarding reframing, 83% used their own words to talk science. The data do not allow a precise analysis on the mastery of language, since the question was specific and theoretical terms have been offered in the issue. It was observed that 47% used the words as inaccurate with respect to its concepts and that 38% indicatively naming objects and processes, only 15% of students achieved the conceptual appropriation of the terms. The FAALSCE also allows mapping the misconceptions about the content investigated. Our results show that despite the need for some methodological adjustments in order to ask students to write two texts (with and without keywords) and the issue needs to be more general, FAALSCE



can be used both for research and in educational practice Biology, the prospect of learning  
adopted for sociocultura

# SUMÁRIO

<b>Introdução</b> .....	12
<b>1 Trajetória de construção da identidade de professora-pesquisadora: o engajamento na pesquisa colaborativa</b> .....	14
<b>2 Construção do problema de pesquisa</b> .....	16
<b>3 Organização e estrutura do relato de pesquisa</b> .....	19
<b>Capítulo 1</b> .....	21
<b>Uma visão sociocultural de aprendizagem</b> .....	21
<b>1 Introdução</b> .....	21
<b>2 Modalidades da linguagem –linguagem oral e linguagem escrita</b> .....	23
<b>3 Abordagem sociocultural da aprendizagem</b> <i>3.1 Pensamento e Linguagem</i> .....	25
<i>3.2 Planos genéticos de desenvolvimento</i> .....	26
<i>3.3 Surgimento dos conceitos</i> .....	27
<i>3.4 O desenvolvimento dos conceitos científicos</i> .....	29
<i>3.5 O discurso do estudante- a ressignificação do discurso da ciência escolar</i> .....	29
<b>4 A construção da FAALSCE</b> .....	35
<b>Capítulo II</b> .....	38
<b>Os dois campos da Biologia e o conceito de função</b> .....	38
<b>1 Introdução</b> .....	38
<b>2 Causalidade</b> .....	39
<b>3 Causas Finais</b> .....	40
<b>4 Processos teleonômicos</b> .....	42
<b>5 Causas próximas e causas últimas</b> .....	43
<b>5 Debates contemporâneos sobre causas próximas e causas últimas</b> .....	45
<b>7 Dois campos da Biologia</b> .....	48
<b>8 Explicações funcionais na biologia</b> .....	49
<b>9 Explicação etiológica selecionista de Larry Wright</b> .....	51
<b>10 Análise funcional de Robert Cummins</b> .....	54
<b>10 Abordagem organizacional do conceito de função biológica (MOSSIO et al ,2009)</b> .....	57
<b>12 Propriedades emergentes</b> .....	62
<b>12 Explicação biológica no ensino de ciências</b> .....	63
<b>Capítulo III</b> .....	65
<b>Contexto de pesquisa e procedimentos metodológicos</b> .....	65
<b>1 Introdução</b> .....	65

<b>2 Contexto da pesquisa</b> .....	65
2.1 Referencial teórico metodológico que embasou a construção, aplicação e investigação de uma sequência didática sobre membrana plasmática e modelos .....	65
2.2 Sequência didática .....	67
2.3 Investigação da sequência e Aplicação da Ferramenta de Análise de Apropriação da Linguagem Social da Ciência e Escolar .....	68
<b>3 Critérios seleção dos textos dos estudantes para análise e amostragem</b> .....	70
<b>4 Aspectos estruturantes da FAALSCE</b> .....	70
<b>5 Procedimentos de análise</b> .....	74
<b>Capítulo IV</b> .....	77
<b>1 Construção do padrão temático para difusão facilitada e sinalização celular, utilizando o caso da diabetes como exemplo.</b> .....	77
1. 1 Construção do padrão temático da ciência escolar .....	77
<b>3. Estabelecendo as hierarquias</b> .....	90
Capítulo IV.....	93
Resultados e Discussão .....	93
<b>1 Uso do termo e Relações semânticas:</b> .....	94
<b>2 Domínio da Linguagem</b> .....	105
<b>3 Uso do Termo</b> .....	106
<b>4 Resignificação</b> .....	108
<b>5 Construção do padrão temático da linguagem ciência escolar</b> .....	109
<b>6 Construção das hierarquias</b> .....	111
<b>7 Modo de falar e relações semânticas</b> .....	114
<b>8 Análise Qualitativa</b> .....	119
8.1 <i>Caracterização das categorias</i> .....	119
8.3 <i>Resultados e discussão</i> .....	121
<b>9 Divergências entre o padrão temático construído pelo estudante e o padrão temático desenvolvido no plano social da sala de aula.</b> .....	137
10 Conclusões .....	143
<b>Conclusão</b> .....	143
<b>Referências</b> .....	146
<b>Anexos</b> .....	153
<b>CADERNO GLOSSÁRIO E CÓDIGOS DAS RELAÇÕES SEMÂNTICAS:</b> .....	153
Parte aberta do terceiro questionário da Sequência Didática sobre Membrana Plasmática.....	159

## Introdução

O problema de pesquisa aqui apresentado tomou corpo a partir da necessidade de avaliar respostas dos estudantes do ensino médio de um colégio estadual de Salvador-Ba numa perspectiva sócio-cultural. Estas dificuldades foram vivenciadas por mim e pelos participantes do grupo colaborativo de pesquisa do qual faço parte - o CoPPEC (Colaboração em Pesquisa e Prática em Educação Científica). Este é um grupo formado por estudantes de graduação, pós-graduandos, professores da educação básica e professores da universidade que está focado na melhoria do ensino de Biologia por meio da pesquisa intervenções didáticas inovadoras no ambiente escolar. Muitas das inovações investigadas no grupo têm a forma de sequências didáticas (SD)<sup>1</sup>.

Diante dessas dificuldades, Sepulveda e colaboradores (2011) desenvolveram uma ferramenta de avaliação da apropriação da linguagem da ciência escolar (FAALSCE). Esta ferramenta apresenta critérios que permitem a verificação da apropriação da linguagem social da ciência por meio do discurso ressignificado do aluno, considerando uma perspectiva sociocultural da aprendizagem. A construção e aplicação inicial desta ferramenta foi realizada no âmbito de uma investigação da apropriação do discurso da ciência escolar a respeito da explicação para mudanças adaptativas em textos de estudantes, produzidos ao longo de uma sequência didática sobre teoria darwinista da evolução. Ao final do relato da pesquisa, Sepulveda e colaboradores (2011) fazem considerações sobre a necessidade de novos estudos para que seja avaliado o potencial heurístico da ferramenta na análise de textos de estudantes sobre conteúdos conceituais de outros campos além da biologia evolutiva, por exemplo em campos da Biologia Funcional, a qual busca explicações de cunho fisiológico relacionadas a fenômenos químicos e físicos que ocorrem no tempo de vida de um organismo, assim como para tornar os dados produzidos pela ferramenta passíveis de serem analisados quantitativamente. Então, o presente trabalho tem a intenção de atender a essa demanda.

As pesquisas que privilegiam a análise do papel da linguagem no ensino e na aprendizagem de ciências têm merecido grande atenção nos últimos anos, por suas contribuições para a pesquisa e a prática educacionais. O estudo aqui apresentado se alinha a esses desenvolvimentos teórico-metodológicos no campo da pesquisa sobre ensino de ciências.

---

<sup>1</sup> Entendemos uma sequência didática como um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que tem um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos (ZABALA, 1998).

A investigação do valor heurístico da FAALSCE acompanha esta tendência das pesquisas em ensino de ciências, dado que pretende aumentar e avaliar o potencial da FAALSCE para identificar evidências da apropriação do discurso da ciência escolar, de forma sistemática, na produção textual dos alunos, mais especificamente, em contextos de ensino e aprendizagem da biologia funcional voltados para a abordagem da a função de sinalização e transporte de substâncias pela membrana plasmática. Além disso, trata-se de investigar o potencial da FAALSCE também para avaliar o ensino e fornecer *feedback* acerca de pontos que devem ser mantidos ou melhorados numa próxima intervenção, o que é fundamental para estudos de desenvolvimento de inovações educacionais e, também, para que o professor melhore a sua prática de ensino.

A FAALSCE pode ter, ainda, potencial de suscitar mudanças no ensino de Biologia, visto que se configura como um instrumento com potencialidade para avaliar a apropriação dos conceitos biológicos em respostas discursivas do aluno, de acordo com uma perspectiva sociocultural de aprendizagem. Este aspecto pode ser importante para reduzir a lacuna entre a pesquisa e a prática neste campo, na medida em que pode servir para mudar a visão dos professores quanto ao que se espera como resposta nas questões discursivas, relativizando o valor de respostas que reflitam um padrão de memorização, em prol da valorização de respostas que representem um híbrido entre o discurso da ciência escolar e o discurso do aluno, mas que mantenham o padrão temático do discurso da ciência. A validação deste último tipo de resposta decorre de uma percepção de que mostram efetivamente apropriação do discurso da ciência escolar pelo estudante, em contraste com o discurso citado, memorizado, que não permite avaliar a apropriação, e frequentemente é evidência de que ela não ocorreu.

Para contextualizar a proposta de pesquisa, é importante falarmos brevemente sobre mim, sobre o CoPPEC, a minha trajetória neste grupo e a sua importância para minha formação como pesquisadora, antes de apresentar a estrutura do relato de pesquisa. Dessa maneira, temos três seções na apresentação, sendo a primeira seção um breve relato da trajetória da minha experiência como pesquisadora, principalmente no tocante à construção da identidade de pesquisadora a partir da participação na pesquisa colaborativa. Na segunda seção, é descrito o processo de construção do problema de pesquisa desse trabalho. A seção três trata da organização e estrutura do relato de pesquisa.

## **1 Trajetória de construção da identidade de professora-pesquisadora: o engajamento na pesquisa colaborativa**

Sou bacharel e licenciada em Ciências Biológicas e professora da educação básica há 10 anos. Ensino Química numa escola da Bahia, no município de Salvador, desde que ingressei na educação básica no ano de 2006. Há seis anos leciono também Ciências para as turmas do ensino fundamental II. No ano de 2008, fui convidada pela professora Anna Cássia de Holanda Sarmiento, professora de Biologia da escola onde leciono, a elaborar uma SD na disciplina de Química que tivesse como tema gerador o metabolismo energético, para que pudéssemos aplicar de maneira interdisciplinar em nossas turmas. Em seguida, fui convidada a participar de uma reunião no Laboratório de Ensino, História e Filosofia da Biologia (LEHFBio), do Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia, e a fazer parte de uma comunidade de prática – a ComPratica – que visa diminuir a lacuna pesquisa-prática na educação em Biologia (EL-HANI; GRECA, 2011, 2013). A perspectiva desse grupo está de acordo com a visão de comunidade de prática de Lave e Wenger (1991), que toma como pressupostos aspectos da aprendizagem situada em comunidades de prática, buscando-se, na ComPratica, uma relação horizontalizada entre pesquisadores educacionais e professores da educação básica, colocando em questão posições hierarquizadas. Em virtude disso, os pesquisadores dessa comunidade dão ênfase à importância do professor como ator do processo não somente de ensino mas também de pesquisa educacional, e também à escola como lócus de produção de conhecimento, o qual tem extrema importância para solucionar problemas educacionais complexos.

Na ComPratica estão reunidos pesquisadores, pós-graduandos, professores da educação básica de Ciências e Biologia, bem como graduandos vinculados a três grupos de pesquisa (Laboratório de Ensino, Filosofia e História de Biologia – LEHFBio, coordenado pelo Prof. Charbel Niño El-Hani no Instituto de Biologia da UFBA; Grupo Colaborativo de Pesquisa em Ensino de Ciências – GCPEC, coordenado pela Profa. Claudia Sepulveda no Departamento de Educação da UEFS; e Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências e Matemática – ENCIMA, coordenado pelo Prof. Jonei Cerqueira Barbosa no Departamento de Educação II da UFBA). Encontra-se abrigada num ambiente cooperativo de aprendizagem que permite comunicação multidirecional, o sistema de gerenciamento de cursos Moodle™ (<http://moodle.org>). A comunicação entre os membros dessa comunidade se dá tanto de forma assíncrona, por meio de fóruns, ou síncrona, por intermédio de chats, utilizados para discutir, de forma colaborativa, determinado tópico na área de ensino de ciências (SEPULVEDA et al., 2014). Qualquer

membro da comunidade pode iniciar um tópico de discussão num fórum, favorecendo relações horizontais de circulação de conhecimentos e práticas entre os membros da comunidade.

Nesta comunidade, foram divulgadas algumas SDs, inclusive uma proposta por mim para o ensino sobre reações químicas, utilizando como tema gerador o metabolismo energético, a qual foi aplicada em 2009, 2010 e 2011 em parceria com a professora de Biologia Anna Cássia de Holanda Sarmiento. A investigação das SDs sobre reações químicas e sobre metabolismo energético gerou participações em congressos e artigos publicados (SARMENTO et al. 2011; MUNIZ et.al, 2012; SARMENTO et al., 2013; SÁ et al., 2015).

Estes estudos foram realizados no contexto do CoPPEC, um grupo colaborativo que surgiu a partir de reuniões presenciais de alguns membros da ComPratica com o propósito de discutir a implementação e a avaliação das sequências construídas por professores da educação básica, pesquisadores da universidade e alunos de graduação e pós-graduação. O CoPPEC é orientado pela mesma perspectiva de comunidade de prática adotada na ComPratica (LAVE; WENGER. 1991)

Este grupo atua de forma colaborativa há aproximadamente 7 anos por meio da investigação de inovações educacionais (SDs) implementadas no contexto real de ensino (ALMEIDA, 2014), tendo como pauta política a defesa da pesquisa realizada pelo professor em sua sala de aula e, conseqüentemente, o empoderamento do professor como um produtor de conhecimento sobre ensino a partir da investigação da sua sala de aula. Para um melhor desenvolvimento da prática social colaborativa, o CoPPEC, espontaneamente, subdividiu-se setorialmente em grupos menores, todos vinculados por um objetivo comum: contribuir para melhorar o ensino de Biologia e Ciências. Assim, sendo faço parte do grupo da escola onde trabalho, que é composto por mais duas professoras da educação básica e um pós-graduando, o qual foi denominado de maneira informal FOCA<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> O FOCA é um grupo de pesquisa, não institucionalizado, que emergiu do CoPPEC, no âmbito da escola na qual essa pesquisa foi realizada (SARMENTO et al., 2015). O grupo é formado por três professoras pesquisadoras da educação básica, que lecionam e fazem pesquisa na referida escola. Também faz parte do grupo um pós-graduando que tem experiência em pesquisa educacional. Atualmente, as três professoras pesquisadoras que integram o FOCA estão fazendo pós-graduação, sendo, uma delas, a autora desse trabalho .

O conhecimento sobre pesquisa educacional adquirido com a participação no CoPPEC foi preponderante para a minha formação como pesquisadora e, por consequência, para a minha qualificação profissional. No FOCA, tive apoio para desenvolver o meu conhecimento no âmbito do ensino de Biologia e Ciências, por meio dos estudos e das discussões que fazíamos, assim como obtive apoio emocional para superar os meus medos e poder buscar o desenvolvimento acadêmico. Além disso, esses colegas comungavam da minha crença sobre a importância da educação e do seu papel para a construção de uma sociedade melhor. Sem eles, minha caminhada seria impensável e provavelmente as pesquisas das quais participei não ocorreriam. Tornamo-nos, sobretudo, amigos, todos imbuídos do propósito de buscar maneiras de tornar o ensino de Biologia e Ciências melhor, mais contextualizado, dinâmico e com mais qualidade. Trabalhávamos com prazer, a despeito do ônus de estar assumindo o duplo papel de professoras e pesquisadoras.

Estas discussões proporcionaram a construção de inovações educacionais, cujo processo de investigação, apoiado pelo referencial teórico-metodológico da Pesquisa de Design Educacional (*Educational Design Research*), resultou em evidências generalizáveis para a produção de trabalhos relevantes para o ensino de ciências, relacionados aos conteúdos de metabolismo energético, com foco na contextualização; diversidade animal, com foco em filogenias; e membrana plasmática, com foco em modelos (SARMENTO et al., 2011, 2013, 2015; MUNIZ et al., 2012; SILVA et al., 2013, 2014; SÁ et al., 2015).

Fica claro que os integrantes do CoPPEC, principalmente do FOCA, sempre estiveram presentes em todos os momentos da minha trajetória. Então, é evidente, que no momento que desenvolvo e relato a minha pesquisa de mestrado, também não estou sozinha. Portanto, neste estudo, apesar de ser escrito por mim, por seu cunho monográfico, tive a colaboração dos meus colegas na definição da metodologia (que foi discutida com os membros do CoPPEC), na coleta de dados (uma vez que os dados são provenientes de um questionário aplicado por Anna Cássia de Holanda Sarmiento em sua pesquisa de mestrado), na análise dos dados (já que precisava da validação dos pares) e na discussão dos resultados. Logo, acredito que na minha escrita não cabe a primeira pessoa do singular, mas sim a primeira pessoa do plural, para expressar claramente que foi um trabalho de pesquisa colaborativa.

## **2 Construção do problema de pesquisa**



A ferramenta de análise da apropriação da linguagem social da ciência escolar (FAALSCE) foi construída para ser empregada como um instrumento de avaliação da aprendizagem conceitual, tendo como referência uma perspectiva sociocultural da aprendizagem (Sepulveda et al., 2011). O desenvolvimento da FAALSCE ocorreu no contexto de investigação de uma SD sobre evolução por seleção natural, que foi uma das SDs construídas, implementadas e avaliadas pelo grupo CoPPEC.

As SDs construídas pelo grupo estão focadas em conteúdos tanto da biologia funcional quanto da biologia evolutiva (MAYR,1988; CAPONI, 2002) e cada uma delas, seguindo o referencial da Pesquisa de Design Educacional, é norteada por princípios de planejamento (*design*), que são entendidos como generalizações teóricas testadas no trabalho empírico realizado. São estes princípios que esperamos que sejam transferíveis para a prática docente de outros professores, e não as SDs em si mesmas. Há uma expectativa, portanto, de que os princípios possam ser usados por outros professores no planejamento de inovações didáticas adaptadas ao contexto de suas próprias práticas (SARMENTO et al.,2013).

Para a avaliação dos princípios de design, utilizamos uma validação interna das SDs, através da comparação entre as vias de aprendizagem planejadas e as vias de aprendizagem efetivamente realizadas em sala de aula. Os instrumentos de coleta de dados utilizados na investigação das SDs foram testes, aplicados em três momentos, antes da SD, um teste intermediário e após a SD, além de outras atividades processuais. Os dados coletados por meio desses instrumentos foram usados para a validação interna.

A SD sobre evolução por seleção natural foi estruturada tendo em vista três princípios de design: (1) o desenvolvimento de estratégias que diminuíssem as rejeições *a priori* ao ensino de evolução, decorrentes do fato de ser visto como uma ameaça a crenças de muitos estudantes; (2) a implementação de uma abordagem sobre o ensino de evolução tendo em vista a sua aplicação em situações do cotidiano, ligadas à cidadania; e (3) a promoção da compreensão da teoria da seleção natural através da significação do conceito darwinista de adaptação (REIS et al., 2009). Além disso, ela está fundamentada por uma visão de aprendizagem que considera que: (1) a aprendizagem é um processo de natureza social (VIGOTSKI, 2001) e é mediada pela linguagem, que cumpre, assim, papel central nesse processo (WERTSCH, 1985); (2) a aprendizagem se dá quando ocorre uma compreensão de caráter dialógico (BAKHTIN,1981); (3) a apropriação dos conceitos a partir do discurso escolar pode ser descrita em termos de três estágios, sendo que, no último estágio, o aluno se apropria completamente dos conceitos e

utiliza em seu discurso as ideias da ciência escolar para desenvolver os seus argumentos de maneira sofisticada (MORTIMER; SCOTT, 2003) e (4) aprender ciências significa apropriar-se do discurso das ciências (LEMKE, 1997).

Para a análise dos dados referentes ao desempenho dos alunos ao longo da SD sobre evolução, obtidos por meio dos testes, cujas questões exigiam respostas discursivas, foi preciso construir uma ferramenta que permitisse a avaliação da apropriação do discurso da ciência, considerando uma perspectiva sociocultural da aprendizagem.

Os dados preliminares sobre a aplicação da FAALSCE para análise da produção textual dos alunos, apresentados por Sepulveda e colaboradores (2011), mostraram que ela permite operacionalizar as seguintes questões teórico-metodológicas: Como avaliar a aprendizagem, por meio da análise de produções textuais, de forma sistemática e consistente com uma perspectiva sociocultural? Como é possível estabelecer se ocorreu apropriação do discurso escolar ou se o aluno apenas o repete, sem compreendê-lo? Em que medida o discurso ressignificado do aluno mantém as ideias científicas em seus aspectos centrais, permitindo-nos afirmar que houve aprendizagem?

Com o intuito de avaliar o potencial heurístico da FAALSCE em outros contextos de ensino e de aprendizagem, este estudo tem como objetivo aplicar esta ferramenta a dados oriundos de questões que exigiam como resposta que os estudantes escrevessem um pequeno texto, incluídas em um instrumento com duplo papel de avaliação pedagógica e obtenção de dados para a investigação de uma SD sobre estrutura e função da membrana plasmática, no âmbito da Biologia Funcional. Esta última investigação resultou na dissertação defendida por outra professora-pesquisadora que faz parte do CoPPEC e do FOCA (Sarmiento, 2015).

Este estudo busca responder, assim, a uma das perspectivas futuras para o estudo da FAALSCE sugeridas por Sepulveda et al. (2011): investigar o valor heurístico dessa ferramenta na análise de textos de estudantes acerca dos conteúdos de biologia funcional, mais especificamente, sinalização e transporte da glicose. Este objetivo geral se desdobra em três objetivos específicos, a saber: (1) Desenvolver uma abordagem quantitativa de análise de dados, visando aumentar o seu poder heurístico, a fim de proporcionar a realização de análises da aprendizagem conceitual de uma amostra significativa de alunos, bem como dar respostas acerca da validação interna das SDs; (2) investigar o poder heurístico da FAALSCE para avaliar a aprendizagem conceneitual no campo da biologia funcional, tendo em vista que os fenômenos da biologia funcional demandam explicações de natureza diferente daquelas

construídas na biologia evolutiva e, portanto, demandam dos alunos a produção de textos de gêneros distintos.

### **3 Organização e estrutura do relato de pesquisa**

O presente trabalho tem formato monográfico, estando organizado em 4 capítulos. Os dois primeiros capítulos apresentam o marco teórico da pesquisa, sendo o cap. I sobre uma visão sociocultural de aprendizagem e o cap. II acerca dos dois campos da biologia (evolutiva e funcional) e o conceito de função. O cap. III apresenta o contexto de pesquisa e os métodos de análise. Por fim, o cap. IV relata os resultados do estudo, discutindo-os, e, no cap. V. apresentamos as conclusões acerca do objetivo geral do estudo.

O primeiro capítulo evidencia a importância da linguagem no processo de aprendizagem, considerando-se a partir de uma perspectiva vigotskiana que o indivíduo aprende primeiro no plano social, interpsicológico, e posteriormente internaliza as funções mentais obtidas nas experiências vivenciadas socialmente, que se tornam então intrapsicológicas. Apresentamos a perspectiva sociocultural da aprendizagem que adotamos, com base no diálogo entre as ideias de Vigotski e Bakhtin. Em seguida, apresentamos a visão de Lemke a respeito de como professores e alunos falam ciência na sala de aula, discutindo como ela pode ser articulada com as concepções de Vigotski e Bakhtin. Por fim, fazemos uma síntese de como esse referencial tem sido empregado na construção da FAALSCE.

No segundo capítulo, apresentamos nossa compreensão da biologia funcional como campo de produção do conhecimento biológico, seu objeto de estudo, a estrutura de suas explicações, distinguindo-a da biologia evolutiva, cuja aprendizagem foi o contexto para o qual a FAALSCE foi criada inicialmente. Ao longo desse exame, pretendemos argumentar que as especificidades desses dois campos geram modos distintos de falar a linguagem social da ciência, de modo que os textos produzidos pelos estudantes para falar dos fenômenos estudados em cada um desses campos se estruturam também em gêneros distintos do discurso. Por fim, discutimos as atribuições de função no ensino de ciências .

O terceiro capítulo apresenta o contexto de pesquisa, explicando como foram elaborados os 78 textos analisados nesse trabalho, pelos estudantes de um Colégio da Polícia Militar- Unidade Dendezeiros em Salvador-BA, em resposta a uma questão do teste final aplicado após uma sequência didática sobre membrana plasmática com foco em modelos. Em seguida, descrevemos os procedimentos metodológicos para aplicação e avaliação do potencial

heurístico da FAALSCE. Tais procedimentos envolvem: (1) a construção de um padrão temático (LEMKE, 1997) da explicação funcional da sinalização celular e do transporte de substâncias pela membrana, representativo da linguagem social da ciência escolar, a partir da análise de episódios de ensino que tiveram lugar na própria SD; (2) a definição do conjunto de itens temáticos e relações semânticas entre eles que servirão de critério para análise dos textos dos alunos e de uma escala hierárquica de escores atribuídas aos itens temáticos e as relações semânticas; (3) a definição dos procedimentos de amostragem de textos dos estudantes; (4) definição das hierarquias, que se constituem em agrupar as relações semânticas de acordo com critérios relacionados aos conceitos prévios dos estudantes, ao grau de dificuldade com relação a explicação funcional e dificuldade acerca da elaboração de relações semânticas do tipo lógica. Por fim, expomos os critérios e os procedimentos utilizados na análise dos textos e (5) os procedimentos utilizados para a análise qualitativa dos textos.

O quarto capítulo apresenta os resultados quantitativos e qualitativos da análise dos textos dos estudantes, discutindo as vantagens e os limites do uso da FAALSCE no contexto investigado. Por fim, tem-se as conclusões acerca do uso da FAALSCE para analisar textos relacionados à biologia funcional; do potencial de tornar os dados obtidos por meio dela passíveis de análise quantitativa, bem como a sua importância para a pesquisa.

# Capítulo 1

## Uma visão sociocultural de aprendizagem

### 1 Introdução

A linguagem permite a articulação entre as práticas sociais e os objetos escolares, possibilitando a construção de significados (SCHNEUWLY; DOLZ, 1999). Trata-se de uma interface entre o sujeito e o meio, uma vez que as ações da linguagem permitem produzir, compreender, interpretar e memorizar os enunciados orais e escritos.

Todo ato de pensamento ganha forma através da atividade da linguagem, sendo de fundamental importância para o contexto cultural e, ao mesmo tempo, o principal produto da cultura e o principal instrumento para a sua transmissão (SOARES, 2001), uma vez que processos e estruturas semióticas promovem uma ligação entre o contexto histórico, cultural e institucional e o funcionamento mental do indivíduo (WERTSCH, 1991).

As diversas atividades humanas empregam a linguagem por meio de enunciados orais ou escritos, que são concretos e únicos, tendo a propriedade de refletir as condições específicas e as funções de cada campo por meio do seu conteúdo temático, estilo e sua construção composicional. Apesar de cada enunciado ser particular, cada campo da linguagem elabora tipos de enunciados relativamente estáveis, os quais são reconhecidos como gênero de discurso (BAKHTIN, 2011 p. 261). Há uma infinidade de gêneros de discursos, pois são inesgotáveis as possibilidades das atividades humanas e porque cada campo tem seu próprio repertório de gênero de discurso, o qual cresce e diferencia-se à medida que este campo torna-se mais complexo.

Cada gênero de discurso, nos mais diversos campos da comunicação discursiva, tem uma concepção particular de destinatário que o determina como gênero, porque o falante sempre leva em consideração a percepção do seu discurso pelo destinatário, interrogando-se, mesmo que de forma inconsciente: até que ponto o destinatário está a par da situação ou dispõe de conhecimentos específicos de um determinado campo da comunicação? Quais os seus preconceitos, convicções, simpatias e antipatias? São as respostas para estas perguntas que irão determinar a ativa compreensão responsiva do enunciado (BAKHTIN 2011 p. 302).

Segundo Bakhtin (2011, p. 282), os gêneros de discurso são formas relativamente estáveis e normativas de construção do enunciado. A escolha da forma do gênero de discurso, que o enunciado será construído, está relacionada à vontade discursiva do falante, uma vez que existe uma infinidade de gêneros de discurso, os quais são apreendidos livremente por meio de enunciações concretas que são ouvidas e reproduzidas na comunicação discursiva no âmbito social, estando, por isso, diretamente ligado ao contexto em que se dá o discurso. Então, aprender a falar num determinado gênero é aprender a construir enunciados relacionados a esse gênero. Além disso, quanto mais uma pessoa domina um determinado gênero, mais livremente emprega-o, de forma que é possível perceber nitidamente a sua individualidade neste discurso.

Para este trabalho interessa-nos particularmente o gênero científico. O discurso científico apresenta características particulares, que foram determinadas por aspectos sociais e históricos ao longo do desenvolvimento da ciência. Tais características distinguem a linguagem científica da linguagem comum. Assim, aprender uma disciplina científica implica em ter domínio dos seus princípios, sistemas de conceitos e das teorias, enfim, dominar as características particulares da linguagem científica, o que por sua vez depende do domínio da linguagem e do léxico que é próprio desse gênero de discurso (NÚÑEZ, 2009).

Segundo Vygotski (2009 p. 254), a assimilação do conceito implica sua reelaboração. Assim, o indivíduo sempre imprime, aos conceitos, particularidades próprias do seu pensamento. Esta ideia também é defendida por Bakhtin (1981), quando afirma que a compreensão e a significação têm um caráter dialógico. A aprendizagem poderia ser verificada, pois, no momento em que o discurso do aluno for povoado com a sua intenção, com a sua perspectiva, com a sua voz.

Estas ideias implicam uma mudança da concepção sobre a avaliação da aprendizagem. Tomando como base as concepções de Bakhtin (1981), Mortimer e Scott (2003) realizaram uma descrição de estágios de apropriação dos conteúdos do discurso escolar. O primeiro estágio marca a fase inicial de apropriação, na qual os estudantes veem as novas ideias como alheias. No segundo estágio, eles percebem as novas ideias em parte como alheias, pertencentes ao outro, e em parte como próprias, não havendo, ainda, uma completa internalização. Por fim, no terceiro estágio, os alunos apropriam-se completamente das ideias da ciência escolar, usando-as amplamente de modo sofisticado para desenvolver seus próprios argumentos.

Então, aprender os conceitos científicos está atrelado a aprender a falar ciência, utilizando seu próprio repertório, o que significa utilizar a linguagem científica especializada

para dar o sentido ao mundo, fazendo ciência por meio da linguagem. A linguagem é usada para construir significados, uma vez que os conceitos só têm sentido em termos das relações que são estabelecidas com os outros conceitos e ideias. Isto evidencia que existe uma estreita relação entre os significados e os recursos semânticos da linguagem. Dito de outra forma, para a construção do significado, a gramática e o vocabulário tem um papel secundário, sendo mais importante a maneira como a linguagem é utilizada para expressar as relações entre os diferentes conceitos, o que equivale, em termos linguísticos, à semântica (LEMKE, 1997). De acordo com Lemke (2005), a palavra em si carrega significados potenciais, os quais são limitados pela relação que é estabelecida com as outras palavras e a estrutura organizacional do texto, assim como o conhecimento do contexto, principalmente no que se refere a audiência, revelando aspectos das relações sociais e dos pontos de vista particulares.

## **2 Modalidades da linguagem –linguagem oral e linguagem escrita**

A participação social está atrelada ao domínio da linguagem como atividade discursiva e cognitiva, e o domínio do sistema simbólico utilizado por uma determinada comunidade linguística. A linguagem proporcionou o surgimento e permite o constante desenvolvimento da cultura, visto que é por meio da linguagem que as pessoas estabelecem relações interpessoais e tem acesso à informação. Isto permite que as pessoas construam, expressem, compartilhem suas concepções sobre o mundo, exercendo influências uns sobre os outros, o que implica na modificação das representações sobre a realidade e da sociedade.

A compreensão do mundo e a comunicação entre os seres humanos se dá a partir de duas formas de expressão linguística a verbal e a não verbal, as quais são na maioria das vezes complementares e simultâneas (OLIVEIRA, 2007, p. 7). Essas duas formas de linguagem se diferenciam quanto às suas unidades de comunicação. Enquanto a linguagem verbal tem como unidade a palavra, a linguagem não-verbal tem como unidade o gesto, os movimentos, a imagem, a nota musical. Outras diferenças entre esses dois tipos de linguagem são: (1) a comunicação não-verbal está associada à atividade do hemisfério direito do cérebro, ao passo que a comunicação verbal está relacionada à atividade do hemisfério esquerdo (ANDERSEN et al. 1979) e (2) a linguagem não-verbal é a manifestação do referente motivacional ou do estado emocional (BUCK E VANLEAR, 2002), já na linguagem verbal usa-se predominantemente o raciocínio e a compreensão (CASTRO, 2013) e (3) a manifestação verbal é sempre voluntária, enquanto o comportamento não-verbal pode ser um ato involuntário ou ato comunicativo (CASTRO, 2013). Contudo, apesar das diferenças entre a linguagem verbal e

não-verbal, a presença desses dois tipos de linguagem na comunicação humana, torna-a mais rica, compreensível e acessível.

A linguagem verbal, por sua vez, apresenta duas modalidades: a linguagem oral e escrita. A linguagem oral começa a se desenvolver tão logo a criança nasce, uma vez que a partir deste momento ela já é exposta ao código oral e começa a familiarizar-se com os sons de sua língua, produzindo-os funcionalmente, por meio da fala. A linguagem escrita só é aprendida na idade escolar. Emig (1997) apresenta em seu trabalho algumas características ambas as modalidades de linguagem. Segundo este autor, a linguagem escrita é um processo artificial e lento, resultante de um comportamento aprendido, no qual a audiência é ausente, tendo como produto signos gráficos visíveis que tem como finalidade a representação mais fiel da realidade. Por outro lado, a linguagem oral é natural e orgânica, sendo, por isso, imprevisível. Além disso, ela é fluente, redundante e bastante rica, bem como é dependente do ambiente e geralmente há um interlocutor. Esse tipo de linguagem tem como produto a emissão de sons.

Vigotski (2011), aponta que a linguagem escrita difere da linguagem oral tanto pela estrutura quanto em virtude da sua função, pois: (1) exige alto grau de abstração, por se tratar de uma linguagem que construída a partir do pensamento e da imagem, não apresentando o aspecto sensorial preponderante na linguagem oral; (2) trata-se de um discurso sem interlocutor, sendo dirigido a uma pessoa indeterminada; (3) a motivação para escrever é mais abstrata e intelectualizada, pois as necessidades para escrita estão mais distantes das necessidades imediatas daquele que escreve; (4) no discurso escrito existe a obrigação de recriar a situação, representando-a por meio de palavras, isto exige um distanciamento face a situação real; (5) requer uma ação deliberada daquele que escrever, tomando consciência da estrutura sonora da palavra, dissecando-a e reproduzindo-a em símbolos alfabéticos que devem ter sido previamente memorizados, bem como precisa ordenar essas palavras formando frases, as quais devem fazer sentido para o leitor; (6) o ato de escrever implica numa tradução do discurso interior, que apresenta as informações de forma predicativa sobre o assunto, ao passo que a linguagem escrita deve explicar de maneira pormenorizada a situação, portanto necessita de uma semântica deliberada para que o significado possa fluir. Este autor aponta, também, que a aquisição da linguagem escrita permite que a criança alcance níveis mais elevados de desenvolvimento linguístico.

As diferenças entre as modalidades da linguagem verbal apontadas por Vigotski (2011), assim como a ontogenêse diferente corrobora com os resultados encontrados por Kim e colaboradores (2015), os quais indicam que a linguagem escrita não se correlaciona



positivamente de forma significativa com o nível do discurso oral, nem com a compreensão da fala, nem com a capacidade do estudante narrar uma estória de maneira própria. Dessa maneira, fica evidente que a aquisição da habilidade de escrever não depende das habilidades da linguagem oral, mas sim requer uma maior abstração e a expressão consciente do que foi internalizado na forma de signos visíveis, isso exige um maior desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

Neste trabalho, focaremos nossa atenção na linguagem verbal, particularmente, a modalidade escrita, uma vez que nosso objeto de estudo é analisar a apropriação da linguagem da ciência escolar a partir de uma perspectiva sociocultural por meio da FAALSCE, sendo que os dados foram adquiridos a partir dos textos escritos pelos alunos acerca do conteúdo de sinalização e transporte de substâncias através da membrana plasmática.

### **3 Abordagem sociocultural da aprendizagem** *3.1 Pensamento e Linguagem*

Vigotski (2009), no seu estudo sobre o pensamento e a linguagem, afirma que a linguagem é uma forma de enunciação, compreensão e comunicação social. Trata-se da unidade de pensamento verbalizado. Vigotski (2009) estabelece que há uma relação dialética e entre o pensamento e a linguagem. Vários são os fatores que interferem nessa relação. Além daqueles associados aos sistemas linguísticos (a língua), tem-se as propriedades biológica e psíquicas individuais, o valor intersubjetivo da linguagem, a qualidade das interações humana, as contingências da vida material em sociedade, os diferentes universos discursivos ou sistema de referência antro-po-cultural (MORATO, 2000). Então, verifica-se que o meio modifica a relação entre o pensamento e a linguagem dos indivíduos, assim como os indivíduos modificam o meio pela ação do pensamento e da linguagem.

O conhecimento, na perspectiva interacionista proposta por Vigotski, emerge a partir da atividade humana, que é social, planejada, organizada em ações e operações e socializada. Portanto, o conhecimento pode ser considerado uma produção social (PINO, 1995). Lemke (1997) também apresenta a linguagem como um processo social, no qual uma comunidade cria os signos e sinais que vão ser usados para que os seus membros comuniquem-se. O discurso pressupõe a interação social, pois, de acordo com Bakhtin (2011 p.270), a comunicação discursiva é complexa e ativa, assim como a compreensão é um processo ativo e responsivo, pois o ouvinte nunca assume uma atitude passiva, simplesmente absorvendo o discurso, mas, ao contrário, apresenta sempre uma atitude responsiva diante do discurso. De certa forma, mesmo o falante pode ser considerado um respondente, uma vez que não é o primeiro a falar sobre aquele tema, ou seja, o seu enunciado estabelece relações com outros já existentes.

Os significados das palavras são dinâmicos, transformam-se e evoluem ao longo do tempo e dependem do contexto sócio-histórico-cultural que estão inseridos, uma vez que, de acordo com Schroeder (2009), a cognição ocorre em contextos histórico, culturais e sociais particulares. Portanto, cada indivíduo tem um desenvolvimento único das funções superiores do pensamento, sendo os enunciados, e portanto os gêneros de discurso, influenciados pelo contexto de vida do indivíduo.

### *3.2 Planos genéticos de desenvolvimento*

Vigotski postula que há quatro planos genéticos de desenvolvimento (filogênese, ontogênese, sociogênese e microgênese) que juntos caracterizariam o desenvolvimento psicológico do ser humano. A filogênese define os limites e possibilidades do funcionamento psicológico da espécie humana. Trata-se, principalmente, de características do corpo humano que tem implicações diretas em aspectos psicológicos, sendo a principal delas a plasticidade do cérebro. Ontogênese é determinada pelo caminho do desenvolvimento de um indivíduo de uma determinada espécie. A ontogênese está associada a filogênese, pois os dois têm natureza biológica, já que o ser humano pertence a espécie *Homo sapiens* e por isso passa por uma determinada sequência de desenvolvimento. A sociogênese é a história do meio cultural que o sujeito está inserido, a qual influencia e define o desenvolvimento psicológico. A cultura exerce um papel importante no desenvolvimento psicológico humano, pois cada cultura organiza de forma diferente o desenvolvimento, ampliando-o e diversificando-o. A microgênese é um aspecto microscópico do desenvolvimento, uma vez que cada fenômeno psicológico tem a sua própria história. Um exemplo de microgênese seria o momento que a criança aprende a amarrar o cadarço. A filogênese e ontogênese carregam um certo determinismo biológico. O sujeito está atrelado às possibilidades da sua espécie. Na sociogênese, nota-se um determinismo cultural, já que a cultura impõe o desenvolvimento do indivíduo. Entretanto, na microgênese, é construída a singularidade de cada pessoa, pois as histórias do desenvolvimento de cada fenômeno psicológico é diferente, uma vez que cada indivíduo tem uma história de vida única (SOUZA, 2008). A relação sujeito-objeto, nessa perspectiva, é dialética e mediada semioticamente, utilizando em especial a linguagem.

De acordo com Oliveira (2000), à medida que ocorre o desenvolvimento das funções superiores, as relações diretas entre o indivíduo e o ambiente ficam cada vez mais escassas, passando a predominar as relações mediadas. Essa mediação, por sua vez, é uma mediação social, pois os meios técnicos e semióticos (a palavra, por exemplo) são sociais (PINO, 1995).

Dentre os planos de desenvolvimento, a sociogênese e, principalmente, a microgênese são os que tem maior importância para o nosso estudo, pois a sociogênese vai acontecer a partir da interação com os colegas e o professor no ambiente de sala de aula e vai conduzir a aprendizagem do conteúdo para os objetivos pedagógicos estipulados pelo professor. Em relação à microgênese, para que o estudante consiga ressignificar seu discurso ele necessariamente deve alcançar esse plano de desenvolvimento, pois o indivíduo imprime a sua personalidade ao que está sendo aprendido e isso ocorre num momento particular e de forma peculiar.

### *3.3 Surgimento dos conceitos*

O conceito surge num processo de operação intelectual, não como uma mera associação, mas como uma combinação original entre pensamento e linguagem. A interação social é o alicerce para a atividade cognitiva, bem como para o desenvolvimento da consciência individual e o caráter dialógico do processo de compreensão (Vygotsky, 1981; Bakhtin, 1981). A lei genética do desenvolvimento cultural proposta por Vygotsky (1981) afirma que as funções mentais superiores, a exemplo da formação de conceitos, aparecem primeiro no plano social, como uma categoria interpsicológica, e após a internalização de experiências vivenciadas socialmente, torna-se uma categoria intrapsicológica. Logo, as relações sociais não se tornam parte do sujeito, por meio de uma simples cópia, mas por uma relação complexa que é caracterizada pela leitura do significado que a palavra do outro tem sobre cada indivíduo. Por isso, os indivíduos desempenham um papel construtivo, positivo, progressivo e formador na história do seu desenvolvimento intelectual (VIGOTSKI, 2009 p. 257). Cada ser constrói uma relação própria com o que aprende, pois o ato de aprender requer a internalização, após a devida interpretação dos conhecimentos disponibilizados a partir das experiências sociais. Por isso, mesmo que as experiências sejam as mesmas, dois indivíduos têm grande probabilidade de se apropriarem de maneira diferente desse conhecimento. Isto está diretamente relacionado com a microgênese.

Para Vigotski (2009, p. 246) o conceito não pode ser aprendido por memorização, uma vez que se trata de um ato complexo de pensamento, um ato de generalização. O momento central da apreensão do conceito é o uso funcional da palavra como meio de orientação arbitrária da atenção, abstração, da discriminação de atributos particulares, a síntese e simbolização com auxílio dos signos (VIGOTSKI, 2009 p.227), pois é somente a palavra que permite a tomada de consciência, sintetização e simbolização dos conceitos abstratos e permite

operar com eles. No momento em que a palavra é utilizada de forma funcional, ela deixa de ter apenas uma função indicativa e passa a ter função significativa. Assim, todas as impressões concretas sobre determinado objeto ou fenômeno são significadas, tornando-se algo abstrato e generalizado.

Normalmente, o desenvolvimento avança mais lentamente que o aprendizado, isso resulta na zona de desenvolvimento proximal. Vigotski (2002) defende que, para estabelecer a relação entre o processo de desenvolvimento e a capacidade de aprendizagem, devem ser considerados dois níveis de desenvolvimento: (1) desenvolvimento real e (2) desenvolvimento potencial. O desenvolvimento real define as funções que já amadureceram. Dito de outra forma, são os ciclos de desenvolvimento que foram completados pela criança, o que permite a resolução independente de problemas. O desenvolvimento potencial é determinado pela resolução de problemas com auxílio de um adulto ou de outras crianças que já amadureceram este conhecimento. A zona de desenvolvimento proximal, isto é, a distância entre o desenvolvimento potencial e o desenvolvimento real, define aquelas funções que estão em fase de amadurecimento. Assim, de acordo com Vigotski (2002 p.113), o desenvolvimento mental é caracterizado retrospectivamente pelo desenvolvimento real e prospectivamente pela zona de desenvolvimento, uma vez que aquilo que a criança pode fazer hoje com o auxílio de um adulto, no futuro terá a capacidade de fazer de forma independente.

A compreensão do conceito de zona de desenvolvimento proximal faz com que a imitação seja avaliada por um outro prisma, pois uma pessoa só consegue imitar algo que esteja no seu nível de desenvolvimento. Logo, a imitação não é apenas um processo de copiar, mas também de aprender, desde que a resolução do problema esteja na zona de desenvolvimento proximal daquele que está imitando. A aprendizagem humana, neste sentido, passa a ter uma conotação social, requerendo a interação entre os indivíduos, de maneira que possam compartilhar as suas capacidades intelectuais, processo este mediado, na maioria das vezes, pela linguagem. Este aprendizado provoca processos internos de desenvolvimento que, a princípio, são capazes de operar somente quando há um processo de cooperação, sendo possível resolver o problema somente com o auxílio de outras pessoas. Contudo, depois, este aprendizado é internalizado, tornando-se parte das aquisições do desenvolvimento independente da criança e pode ser generalizado para outras situações.

Na dimensão intramental do indivíduo, os conceitos, de maneira geral, encontram-se entrelaçados, estabelecendo múltiplas relações entre eles, a fim de enriquecer a percepção

imediate da realidade. Para tanto são feitas generalizações que estabelecem vínculos complexos de dependência e relações entre os objetos representados pelo conceito e a realidade restante. De acordo com Vigotski (2009 p. 359), para cada conceito particular existe um sistema de conceitos sem o qual este conceito não pode existir.

### *3.4 O desenvolvimento dos conceitos científicos*

O desenvolvimento dos conceitos científicos está vinculado ao ensino formal num ambiente escolar. Este ensino, se dá por meio da colaboração entre o professor e o estudante, num trabalho específico em relação aos conceitos espontâneos na zona de desenvolvimento proximal, o que proporciona o amadurecimento das funções psicológicas superiores.

O desenvolvimento dos conceitos científicos está intimamente relacionado com a incorporação de novos significados e com a evolução do estabelecimento de interconexões entre os conceitos no contexto de uma teoria científica. Os conceitos devem ser compreendidos na dinâmica de sentidos e significados que cada conceito estabelece com os outros conceitos que estruturam uma teoria científica (NÚÑEZ, 2009). De forma similar, segundo Lemke (1990), as ideias científicas, que são de natureza teórica e canônicas, tendem a enfatizar relações de classificação e conexões lógicas entre termos e processos gerais relativos a um conteúdo. Por exemplo, para acessar o conhecimento sobre árvore é preciso usar a linguagem para comparar categorias e descrever atributos das árvores (HONIG, 2010).

### *3.5 O discurso do estudante- a ressignificação do discurso da ciência escolar*

Para Bakhtin (2011, p. 294), a palavra existe, para o falante, em três aspectos: como uma palavra da língua neutra, a qual não pertence a ninguém; como palavras alheias dos outros, repletas de ecos de outros significados; e, por fim, como uma palavra que é própria do falante, de modo que ele opera com a palavra em determinada situação, esboçando uma vontade discursiva, impregnada de expressão individual. Uma vez que a experiência discursiva se desenvolve na interação constante com os enunciados dos outros e que cada enunciado tem o seu grau de alteridade, perceptibilidade e de relevância, as palavras dos outros estão carregadas de sua expressão e de seu tom valorativo. Nós assimilamos, reelaboramos e re-acentuíamos estas palavras e, na medida em que fazemos isso, as palavras tornam-se nossas (BAKHTIN, 2011 p 295).

Quando se trata de um tema referente à ciência, isso ocorre quando o estudante ressignifica o discurso da ciência escolar. Então, apenas a repetição mecânica dos conceitos científicos e da linguagem da ciência escolar não reflete, de uma perspectiva vygotskiana e bakhtiniana, a apropriação dos conceitos, mas apenas a reprodução do discurso do outro, sendo pouco provável que o estudante consiga fazer generalizações que permitam o emprego destes conceitos em outros contextos.

De acordo com Bakhtin (2011, p. 296), o estilo e a composição do enunciado são determinados pelo elemento semântico-objetual do enunciado e por seu elemento expressivo, ou seja, pela relação valorativa do falante com elementos do objeto e as relações semânticas estabelecidas entre os signos que representa o objeto no enunciado. O enunciado sempre é direcionado a alguém, que é o destinatário, o qual é determinado pelo campo da atividade humana ou da vida aos quais o enunciado se refere. Segundo Wertsch (1991), um falante sempre invoca uma linguagem social que dá forma à voz de um indivíduo.

Os sistemas de conceitos são apresentados, por meio da linguagem, na forma de enunciados, os quais são as unidades da comunicação discursiva (BAKHTIN, 2011 p. 271). Os enunciados são ligados em cadeias de comunicação, não sendo indiferentes uns aos outros. Na verdade, como afirma Wertsch (1991), eles refletem uns aos outros. Num discurso, os enunciados pressupõem a alternância dos sujeitos do discurso, já que sempre haverá falas que antecederam o enunciado e falas posteriores de outros que serão baseadas na sua compreensão. Mesmo no gênero científico notamos esta peculiaridade, pois os pesquisadores sempre fazem uma revisão de literatura para apoiarem as suas ideias nos achados de outros e também outros pesquisadores também fundamentarão os seus trabalhos a partir daquele que está sendo produzido. Desta maneira, segundo Wertsch (1991), o enunciado não reflete apenas a voz que o produziu mas também as vozes para as quais ele é endereçado. Assim, uma voz responde de algum modo a enunciados prévios e antecipa respostas de outros.

De acordo com Bakhtin (2011 p. 291), quando escolhemos uma palavra para compor um enunciado nos guiamos por um tom emocional. Para tanto sempre partimos do conjunto projetado do enunciado, que é sempre expressivo, contagiando, desta maneira, a palavra com a expressão do conjunto. No gênero de discurso, a palavra adquire uma expressão própria, a qual reflete a relação da palavra e seu significado com o gênero. As palavras têm significados lexicográficos neutros, isto proporciona, para elas, a identidade e a compreensão mútua de todos os falantes. Contudo, na comunicação discursiva viva, o emprego da palavra é de cunho

individual e contextual e dá-se de acordo com o gênero de discurso. Por isso, palavras diferentes podem ter significados diversos a depender da maneira como são expressas num contexto específico. Então, para significar as palavras e os enunciados de um discurso, é preciso atentar para o contexto em que foram proferidos, as expressões pessoais que foram impressas ao dizê-las e a semântica, considerando esta última como campo que estuda o significado que atribuímos às sentenças e expressões de uma língua natural (BASSO et.al, 2009).

### *3.6 Ensino de ciências numa perspectiva sócio-cultural*

Ensinar ciência consiste em introduzir o estudante numa nova comunidade que tem uma forma própria de se comunicar, utilizando a linguagem da ciência, a qual é aprendida num espaço formal de ensino, e deve ser utilizada para falar, comparar, discutir, descrever, explicar, concluir, generalizar, avaliar, julgar e resolver problemas do mundo natural (LEMKE, 1997). Para tanto, os estudantes precisam conseguir identificar o discurso científico na fala do professor. Este processo não se configura somente em dominar a estrutura de troca de turnos de fala na sala de aula, nem em conhecer o vocabulário técnico e a sequência que ele é apresentado pelo professor, mas está diretamente relacionado com conhecer as relações que são estabelecidas entre os conceitos. É a partir dessas relações estabelecidas entre os conceitos, que emergem novos significados, e não propriamente do somatório das partes. De acordo com Lemke (1997), é possível que o estudante saiba o significado de determinadas palavras como elétron, orbital, mas não saiba combiná-las em uma oração de uma forma que permita-o comunicar-se de acordo com o discurso da ciência. Este padrão de vinculação, estruturado a partir de relações semânticas que são estabelecidas entre os conceitos de um determinado campo de conhecimento, consiste no padrão temático (LEMKE,1997). Este autor argumenta que para “falar ciências”, os estudantes precisam conhecer mais do que os significados dos termos, necessitam saber, também, combiná-los de acordo com as normas semânticas aceitas pela ciência escolar.

A ideia de um padrão temático é condizente com a concepção de Vigotski (2009 p. 366) que, na dimensão intramental, qualquer conceito que surge de modo isolado na consciência tem a predisposição para formar uma espécie de grupo prontidão com os demais conceitos, uma vez que, segundo Lemke (2005), o padrão temático é constituído por elementos desse sistema de significados. Desta maneira, cada conceito pode ser representado por uma figura no campo das suas relações de generalidades, sendo que tais relações fornecem o significado do conceito. Nota-se que à medida que se desenvolvem as relações de generalidade, o conceito torna-se mais

independente em relação a palavra, o sentido e a sua expressão, o que permite uma maior liberdade das operações semânticas (VIGOTSKI, 2009 p368).

O conhecimento científico é adquirido a partir do domínio do padrão temático. Para que isso ocorra, além do estudante saber identificar e utilizar os recursos estilísticos próprios da linguagem científica, é necessário que ele conheça as relações semânticas que são estabelecidas pelos conceitos de determinado campo de conhecimento. Estes padrões temáticos estão presentes nos livros didáticos, artigos e exposição dos professores, fazendo parte do ensino formal, apresentando padrões de relações semânticas compartilhadas pelas diferentes formas que falam sobre um determinado tema científico. Entretanto, para que os estudantes entendam o que o professor está falando de ciência, eles precisam vincular a sua forma de expressar-se, a qual está relacionada a seu contexto, com a temática científica. Por isso, de acordo com Lemke (1997), é fundamental proporcionar novas formas de falar sobre a temática científica e tornar explícitas as relações semânticas que compõem o padrão temático, utilizando um discurso híbrido que apresente um pouco da experiência do cotidiano do estudante em consonância com o padrão temático da ciência escolar, para evitar a prevalência de divergências semânticas.

No discurso do professor, em sala de aula, encontramos o padrão temático que apresenta as relações próprias da ciência escolar. Por vezes, na fala do estudante, quando este utiliza suas próprias palavras para falar ciência, há termos e relações semânticas que não estão de acordo com o padrão temático da ciência escolar. A construção de um padrão diverso do padrão da ciência escolar. A apropriação da linguagem social da ciência presente no enunciado do estudante pode ser investigada através da comparação entre o padrão temático utilizado por ele e o padrão temático da ciência escolar, o qual pode ser encontrado no diálogo da sala de aula, considerando a voz do professor, e através dos enunciados do livro didático. Procedendo desta forma, pode-se verificar os pontos divergentes existentes entre os dois padrões, os quais são pontos que não foram bem compreendidos. Assim, o professor precisa estar atento para direcionar o seu discurso na sala de aula no sentido de reconstruir as relações semânticas entre os conceitos de maneira condizente com o padrão temático da ciência escolar.

O diagrama temático (LEMKE,1997) representa graficamente o padrão temático de qualquer discurso sobre um tema científico. Sua construção é orientada pelos seguintes passos: (1) identificação dos itens temáticos, aqui entendidos como termos abstratos e conceituais que podem ser expressos por palavras diferentes que apresentam significados semelhantes, dito de outra maneira os itens temáticos são considerados conceitos abstratos que podem ser expressos



de muitas formas; (2) construção das relações semânticas estabelecidas entre cada termo, dito de outra forma, determinação de como os significados de duas palavras estão relacionados quando ambas são usadas para falar de um tema em particular; e (3) conexão entre as relações semânticas num padrão temático.

Para ler o diagrama temático segue-se a seta, como por exemplo Proteína receptora  $\xrightarrow{\text{Ag/Pr}}$  Reconhecimento de substância, ou seja proteína receptora é o agente do processo reconhecimento de substâncias. Esta leitura assemelha-se a ler uma oração que utiliza os termos de acordo com o padrão temático da ciência. Acima de cada uma das setas são dispostas as relações semânticas que vinculam os dois termos, as quais são expressas por abreviaturas de acordo com glossário feito pelo nosso grupo de pesquisa a partir da livre tradução do conjunto de relações semânticas apresentadas por Lemke (1997). Estas relações são apresentadas em par e separadas por uma barra (/), cada membro do par indica a função semântica do item temático mais próximo. Na construção do padrão temático, também precisamos observar as condensações temáticas, consideradas como pequenos padrões temáticos que estão vinculados a outros itens temático como se fosse um único item. Essas condensações temáticas são dispostas no padrão temático entre colchetes ([ ]) e vinculadas a outros itens da mesma forma como dito anteriormente. Assim, as relações semânticas podem conectar tanto itens simples quanto condensações temáticas, sendo sempre possível agregar novos itens ao padrão temático.

Segundo Lemke (1997) e Halliday (1985), as relações semânticas estão divididas em cinco grupos, a saber: nominais; taxonômicas; transitivas; circunstanciais e lógicas (ver glossário em anexo). As relações nominais estão relacionadas a um item central, designando qualidades (Co/Atr), quantidades (Qt/Co) ou tipos (Cf/Co). As relações taxonômicas relacionam dois itens como instâncias (Mb/Cl), partes, equivalentes ou como um contraste de outros itens, sendo, portanto, hiponônimos (Hipo/ Hiper), meronômios (Prt/Td; Co-mero), sinônimos (Sin), antônimos (Ant), respectivamente. O terceiro grupo de relações, as relações transitivas, consiste nas relações entre os processos e seus agentes (Ag/Pr), processos e aquilo que sofre a sua ação (Pr/Pc) e os processos com seus resultados (Pr/Rs). Neste grupo estão inclusas, também, as relações de identificação (Id/Idr), de posse (Pdr/Pdo), alcance do processo (Alc/Pr) e o beneficiário de um processo (Bn/Pr), bem como a relação em que o item temático é ao mesmo tempo agente e paciente da ação (Med/Pr). As relações circunstanciais determinam as relações de um item, incluindo um processo, com a sua localização (Loc/Pr; Loc/Co), causa (Pr/Cs), tempo (Tmp/Pr), material (Mt/Pr), meio (Mo/Pr). O último grupo

consiste nas relações lógicas que ocorrem entre conjuntos completos de itens condensados, a exemplo de causa/consequência (Cs/Cq), evidência/conclusão (Evd/Cnl), generalização/instância (Gn/Ist), problema/solução (Pb/Sl), item/variação (It/Vr), adição (It/Ad), item/elaboração (It/Elb). O CoPPEC acrescentou ao glossário de relações semânticas proposto por Lemke (1997) e Halliday (1985) a relação lógica item/condicionante (It/Cnd) (KOCH,2002), na qual X relativo a Y, Y é condição para X. (Ver em Anexo o Caderno de Glossário)

Além das relações semânticas estabelecidas entre os conceitos, é importante considerar o domínio da linguagem científica, uma vez que a gramática, a estrutura retórica e idiomática e a estrutura de atividades têm a função de integrar as relações semânticas em padrões temáticos maiores (LEMKE,1997). “Falar ciência” também requer seguir algumas normas estilísticas desse gênero de discurso. De acordo com Wertsch (1991) o conteúdo semântico e aspectos expressivos são usados para diferenciar os enunciados de uma linguagem social da outra.

Halliday (1985) em seu livro elencou as seguintes normas estilísticas próprias da linguagem científica: (1) construir enunciados na forma de proposições que sejam mais universais e verbalmente explícitas quanto possível; (2) evitar linguagem coloquial; (3) usar termos técnicos em lugar de expressões coloquiais sinônimas ou paráfrases; (4) evitar personificação, atribuição de qualidades essencialmente humanas, ou ações humanas para descrever entidades e processos naturais; (5) evitar linguagem metafórica ou figurativa que envolva expressões cômicas ou palavras carregadas de valor e emoção; (6) evitar sensacionalismos; (7) evitar a referência a personalidades humanas individuais e seus feitos; (8) fazer uso de explicações causais em detrimento de narrativas e abordagens dramáticas que envolvam suspense e mistério, incluindo diálogos. Contudo, entendemos que alguns dessas normas não se aplicam, pelo menos com relação ao Ensino de Biologia, por exemplo o item 5 afirma que deve ser evitado palavras valorativas e carregadas de emoção, mas não há como escrever ou se expressar verbalmente sobre determinado assunto sem expressar valor (PUTMAN,2002) ou imprimir características do autor, inclusive emoções. Outro exemplo é relacionado ao item 8 que trata sobre o uso de narrativas, entretanto quando falamos sobre evolução estamos fazendo, seja oral ou de forma escrita, uma narrativa histórica. Alguns autores defendem a inserção de componente de história e filosofia da ciência para contextualizar o ensino, desta forma na medida em que conta-se a história da ciência deve-se mencionar os personagens que participaram da produção de determinado conhecimento, logo é complicado satisfazer a norma prevista no item 7. De acordo, com Lemke (1997), estas regras servem para

criar um forte contraste entre a linguagem cotidiana da experiência humana e a linguagem da ciência, ou, dito de outra forma, entre a objetividade da ciência e a subjetividade da vida cotidiana, o que gera a falsa ideia de que a ciência não é uma atividade humana e também dificulta a comunicação do conteúdo científico com os estudantes, pois são contrárias a todos os artifícios utilizados na comunicação para manter a atenção e o interesse da audiência. Portanto, segundo este mesmo autor, é comum que os professores transgridam estas normas estilísticas, de maneira a humanizar a ciência a medida que a comunica. Por isso, tomamos como opção metodológica para investigar o domínio da linguagem da ciência escolar analisar apenas os quatro primeiros itens propostos Halliday (1985), pois entendemos que estes itens são características comuns que estão presente na linguagem de todas as ciências.

Então, o estudante ao falar sobre ciências deve não só fazer conexões entre os conceitos de forma semanticamente correta, mas, também utilizar as normas estilísticas que são próprias da ciência. Vale ressaltar, que é importante que os professores tenham uma certa flexibilidade com relação a exigência do uso das normas estilísticas, uma vez que pode ser difícil para o estudante distanciar-se do seu discurso cotidiano, sendo provável que ele desenvolva um discurso híbrido, situado em algum ponto do contínuo entre os extremos da linguagem cotidiana e a linguagem científica, como foi percebido por Mortimer e colaboradores (1998) ao analisarem as respostas de vestibulandos para as questões abertas de química. Para Bakhtin (1981) o discurso híbrido é um enunciado que apresenta, pelas suas marcas composicionais e gramaticais, uma mistura de dois enunciados, de formas diferentes de falar, dois estilos e/ou sistemas de crenças axiológicas distintos. Para que estas respostas sejam consideradas corretas, devemos avaliar se foram estabelecidas relações semânticas corretas entre os itens temáticos que fazem parte do campo de conhecimento relacionado ao assunto abordado. Defendemos, portanto, que há uma maior relevância do padrão temático construído pelo estudante em relação ao padrão estilístico utilizado para expressar as ideias científicas.

#### **4 A construção da FAALSCE**

Como dito anteriormente, a aprendizagem do conhecimento científico está relacionada à aquisição da capacidade de falar ciências, compreendendo como os termos científicos se conectam entre si e com o contexto em que são utilizados para produzir significados específicos (Lemke,1997). O discurso científico sobre cada tema produz um padrão temático específico. Portanto, aprender ciências implica de certa forma em aprender o padrão da ciência escolar.

Assim como Lemke (1997), concordamos com Vygostky (2009 p.10) que o método para se analisar o problema do pensamento e da linguagem deve ser a análise semântica, isto é, a análise do sentido da linguagem e do significado da palavra. Isto torna-se mais relevante, visto que a aprendizagem está associada a habilidade do indivíduo falar com as suas próprias palavras sobre determinado conteúdo científico. Então, o padrão temático proposto por Lemke (1997), o qual é estruturado a partir relações semânticas que são estabelecidas entre os conceitos de um determinado campo de conhecimento pode ser utilizado para investigar a apropriação da linguagem social da ciência, presente no enunciado do estudante, por meio da comparação entre o padrão temático utilizado por ele e o padrão temático da ciência escolar. Este último pode ser encontrado no diálogo da sala de aula, considerando a voz do professor, e através dos enunciados do livro didático.

Sepulveda e colaboradores (2011) consideram que: (1) a aprendizagem é um processo de natureza social (VIGOTSKI, 2001) e é mediada pela linguagem, que cumpre, assim, papel importante nesse processo (WERTSCH, 1985); (2) a aprendizagem se dá quando ocorre uma compreensão de caráter dialógico (BAKHTIN,1981); (3) a apropriação dos conceitos a partir do discurso escolar pode ser descrita em termos de três estágios, sendo que, no último estágio, o aluno se apropria completamente dos conceito e utiliza sofisticadamente em seu discurso as ideias da ciência escolar para desenvolver os seus argumentos (MORTIMER; SCOTT, 2003) e (4) aprender ciências está associado a apropriar-se do discurso das ciências (LEMKE, 1997). Fundamentados por esta visão, esses autores construíram uma Ferramenta de Análise da Apropriação da Linguagem da Ciência Escolar (FAALSCE) para ser empregada como um instrumento de avaliação da aprendizagem dos conceitos, tendo como referência a perspectiva sociocultural da aprendizagem. Entendemos linguagem social como o discurso peculiar de um específico estrato da sociedade dentro de um sistema social em um determinado tempo, conforme a definição de Wertsch (1991), fundamentada nas ideias de Bakthin (1981). Então, linguagem social da ciência escolar refere-se, em particular, a linguagem usada para ensinar ciência no ambiente escolar.

O desenvolvimento da FAALSCE ocorreu no contexto de investigação da sequência didática (SD) de evolução por seleção natural, que foi uma das SDs construídas, implementadas e avaliadas pelo grupo Colaboração em Pesquisa e Prática em Educação Científica (CoPPEC). O CoPPEC é formado por professores da educação básica, pesquisadores acadêmicos, pós-graduandos e licenciados que tem como objetivo comum desenvolver investigações sobre possíveis soluções para problemas do ensino de ciências, mais especificamente, de Biologia,

bem como promover o desenvolvimento profissional de seus participantes (CoPPEC, 2012). Uma das formas empregadas pelo grupo para alcançar esses objetivos tem sido a construção e investigação de inovações educacionais, na forma de SDs.

As SDs construídas pelo grupo estão focadas em conteúdos tanto da biologia funcional quanto da biologia evolutiva (MAYR, 1988; CAPONI, 2002), tema que será tratado mais profundamente no próximo capítulo, e cada uma delas é norteada por princípios de planejamento (design), que são entendidos como generalizações teóricas derivadas do trabalho empírico realizado. Assim, o que se espera que seja transferível para a prática docente de outros professores não são SDs em si, mas os princípios de design, cuja expectativa é que possam ser usados por outros professores no planejamento de inovações didáticas adaptadas ao contexto de suas próprias práticas (SARMENTO et al., 2013). A validação interna das SDs ocorre através da comparação entre as vias de aprendizagem planejadas e as vias de aprendizagem efetivamente realizadas em sala de aula. Os instrumentos de coletas de dados utilizados na investigação das SDs são pré e pós-teste, bem como outras atividades processuais. A SD sobre evolução por seleção natural, referente a biologia evolutiva, foi estruturada tendo em vista três princípios de design: (1) o desenvolvimento de estratégias que diminuíssem as rejeições a priori ao ensino de evolução, decorrentes do fato deste ser visto como uma ameaça às crenças de muitos estudantes; (2) a implementação de uma abordagem sobre o ensino de evolução tendo em vista a sua aplicação em situações do cotidiano, ligadas à cidadania; e (2) a promoção da compreensão da teoria da seleção natural através da significação do conceito darwinista de adaptação (REIS et al., 2009).

Para avaliação dos dados obtidos através do pré e pós-teste da SD sobre evolução, cujas questões exigiam respostas discursivas, foi preciso construir uma ferramenta que permitisse a avaliação da apropriação do discurso da ciência, considerando a perspectiva sociocultural da aprendizagem.

## Capítulo II

### Os dois campos da Biologia e o conceito de função

#### 1 Introdução

Um dado fenômeno biológico pode ter múltiplas causas. Tais causas podem ser agrupadas em duas categorias que são as causas funcionais que estão relacionadas à fisiologia e ao desenvolvimento do organismo, limitando-se ao seu tempo de vida, portanto, consideradas próximas, por outro lado as causas evolutivas que procura explicar porque o organismo é do jeito que ele é. Essa causalidade dual gera uma divisão da biologia em dois campos, a Biologia Funcional e a Biologia Evolutiva, os quais diferem entre si tanto nos métodos de pesquisa quanto nos conceitos básicos, por conta dessas formas distintas de compreender o fenômeno.

A Biologia Funcional gera questões do tipo “Como?”, explicando ou descrevendo fisiologicamente os fenômenos orgânicos, enquanto a Biologia Evolutiva promove questionamentos do tipo “Por que?”, por exemplo estudando eventos contingentes a partir de narrativas históricas sobre a origem histórica de uma estrutura ou de um comportamento animal. Assim, os dois campos apresentam explicações de natureza diferentes gerando um modo distinto de falar sobre estes fenômenos na linguagem social da ciência. De modo equivalente, os textos produzidos pelos estudantes para falar desses fenômenos têm gêneros distintos. Ou seja, para a Biologia Evolutiva tem-se o gênero narrativo com características explicativas e para a Biologia Funcional tem-se o gênero argumentativo com aspectos descritivos e explicativos.

A existência de dois campos distintos na Biologia justifica, de acordo com Nunes-Neto e El-Hani (2009), a pluralidade de abordagens que tentam definir as atribuições funcionais em Biologia. Existe a abordagem selecionista, proposta por Wright (1973), que está mais relacionada à Biologia Evolutiva e a análise funcional de Cummins (1975; 2002), que responde melhor aos questionamentos ligados à Biologia Funcional. Das ideias de Cummins (1975; 2002) sobre função e de Salthe (1985) acerca da restrição dos níveis hierárquicos, se depreende a concepção das propriedades emergentes, um conceito que tem fundamental importância para compreender os atributos da função biológica, visto que, nos níveis mais altos de integração, há propriedades que emergem, as quais não poderiam ser previstas a partir do conhecimento dos componentes dos níveis inferiores, dependendo prioritariamente de como o sistema vivo

está organizado. A abordagem organizacional, é a perspectiva mais atual, que tem como proposta a integração da perspectiva seletcionista com a disposicional num mesmo quadro teórico. Tal abordagem defende que os sistemas vivos são sistemas de auto-manutenção organizados, fechados e diferenciados. Num sistema que tem a capacidade de se auto-manter há ciclos causais entre os padrões de níveis diferentes (top-down), promovendo as condições necessárias para manutenção do sistema. Desta maneira, para que um traço T exerça uma função deve satisfazer algumas condições: contribuir para a manutenção da organização do sistema; deve ser produzido e mantido por algumas restrições exercidas pela organização e o sistema tem que apresentar uma organização diferencial (MOSSOI et al.,2009)

Desta forma, neste capítulo, primeiro abordaremos o conceito de causa na Biologia e os tipos de causas que existem nos fenômenos biológicos. Na próxima seção, falaremos de teleologia, causas finais e processos teleonômicos, buscando justificar o uso da teleologia nas explicações funcionais e apontando a seleção natural como um processo base para o aumento da frequência de determinado traço em uma população. Em seguida, trataremos dos dois campos da Biologia. Logo depois, apresentaremos uma seção sobre as atribuições de função na Biologia proposta por Wright (1973), trazendo os argumentos que embasam esta abordagem e os argumentos contrários. Em seguida, abordaremos a análise funcional proposta por Cummins (1975; 2002), apresentando os fundamentos dessa abordagem e os argumentos contrários. Depois, apresentamos a abordagem organizacional de função, que faz uma síntese das duas concepções apresentadas anteriormente. Falaremos, também, sobre as propriedades emergentes. Na última seção, trataremos a forma como é abordada a causação e as atribuições de função no ensino de ciências e explicitaremos a forma como pretendemos tratá-la em sala de aula.

## **2 Causalidade**

Segundo Mayr (1961), causa pode ser definida como um membro de um conjunto de razões suficientes, em conjunto, sem as quais o evento não poderia acontecer. Esse autor ainda afirma que a causalidade contém três elementos: (1) uma explicação de acontecimentos passados ("uma causalidade posteriori"); (2) previsão de eventos futuros; e (3) a interpretação teleológica, isto é, um fenômeno direcionado para uma meta. De acordo com Caponi (2008), causa, em Biologia, é qualquer fator que ajude a definir ou explicar os estados ou as mudanças de estados de sistemas físicos de alta complexidade como são os organismos individuais.

A interpretação teleológica é alvo de bastante discussão no âmbito da filosofia da biologia, inclusive nos dias atuais. Esta discussão impacta de sobremaneira na divisão proposta por Mayr (1961) de dividir a biologia em dois campos, Biologia Funcional e Biologia Evolutiva, pois alguns filósofos acreditam que as explicações causais da Biologia Evolutiva são de cunho teleológico. Para entender essa discussão é importante compreender o que são causas finais, interpretações teleológicas e processos telenômicos, bem como conhecer a visão de Mayr (1961) sobre causas próximas e últimas, bem como os argumentos utilizados por este autor para dividir a Biologia em dois campos, o que são apresentados nas próximas seções.

### **3 Causas Finais**

As causas finais fornecem uma interpretação do fenômeno indicando que ele está direcionado para uma meta. As explicações teleológicas, acerca das causas e propósitos das coisas, são uma parte essencial da nossa maneira de explicar a ação humana. O uso de argumentos teleológicos esteve fortemente associado a ideias religiosas e foi usado durante muito tempo para explicar as características dos seres vivos até a aceitação da teoria da seleção natural (MAYR,2006).

Na Antiguidade, filósofos, como Aristóteles, acreditavam que qualquer alteração que acontecia no mundo era devida as causas finais que moviam um objeto específico ou um fenômeno na direção de uma meta final. Abreu (1994), em seu trabalho sobre os métodos de Aristóteles para o estudo dos seres vivos, aponta que, para este filósofo, a natureza apresentava princípios internos de mudança que produziam movimentos cíclicos e eternos direcionados a um fim, que é a perfeição.

As crenças nas causas finais eram reforçadas pela ideia de que Deus havia criado o mundo por causa do homem e pelas observações de que o mundo estava sempre mudando na direção de algo melhor. Esta forma de pensar conduziu a um novo conceito de criação, deixando de ser algo pontual para ser considerado um processo lento e gradual direcionado por causas finais para criação do homem.

A scala naturae, que representava a evolução dos seres vivos, era considerada uma escala para a perfeição, tendo o homem como o animal mais perfeito. Segundo Ariza e Martins (2010), a ideia da scala naturae parte de um senso intuitivo que os seres vivos podem ser alinhados de acordo com uma hierarquia de complexidade a partir da posição mais alta, que era



ocupada pelo homem, até os seres vivos mais primitivos. A complexidade da diversidade das formas animais seria um indicativo de progresso, uma etapa para atingir a perfeição, considerada como o surgimento do homem. Assim, a evolução das espécies teria uma finalidade, que seria a perfeição.

O pensamento teleológico foi reforçado pela sucessão da fauna fóssil em estudos geológicos, a qual apresentava no extrato mais recente o registro dos mamíferos e, por fim, do homem, o animal mais evoluído. Estas observações deixavam claro, para alguns, que existia uma tendência a perfeição na evolução, a criação do homem.

As ideias de Darwin sobre a evolução possibilitaram uma nova compreensão sobre causação. Mayr (2006) defende que o estudo do progresso evolutivo é incompatível com as expectativas geradas por um progresso guiado por causas finais, pois as mudanças progressivas não são prognosticadas e nem direcionadas para uma meta. Além disso, os trabalhos mecânicos realizados por determinadas estruturas são completamente independentes das explicações dos motivos pelos quais os órgãos existem e o papel que desempenham na vida do organismo (MAYR, 2008).

Mayr (2005) argumenta que as características adaptativas não podem ser consideradas sistemas teleológicos ou funcionais, visto que são sistemas estacionários e o termo teleológico não é apropriado para fenômenos que não envolvem movimentos. Outra razão está relacionada com a teoria da seleção natural, na qual as mudanças evolutivas bem como as mudanças adaptativas, são produtos da quantidade de variação produzida em cada geração assim como da sobrevivência e reprodução diferencial, sendo, portanto, a adaptação, não uma busca, a priori, por uma meta, mas sim um resultado a posteriori.

Os avanços evolutivos que são observados são extremamente diversos e ocorrem ao acaso, não sendo possível prever a permanência do valor de uma adaptação, uma vez que isso acontece em virtude da seleção natural. Portanto, de acordo com Mayr (2006), as tendências evolutivas para a diversificação raramente são retilíneas, considerando qualquer intervalo de tempo, e quando esta retiliniedade ocorre é por conta de uma limitação pré-existente. Desta maneira, todos os fenômenos evolutivos e todos os aspectos do progresso evolutivo que eram explicados a partir da teleologia, puderam ser explicados de maneira consistente por meio da teoria da seleção natural. Atualmente, os filósofos da Biologia evitam invocar causas finais quando discutem o progresso evolutivo.

#### **4 Processos teleonômicos**

As leis naturais interagem com as propriedades intrínsecas do material sobre os quais atuam (MAYR,2005). Todos os objetos possuem a capacidade de mudar de estado e estas mudanças obedecem estritamente a leis naturais, portanto a sua finalidade é automática, regulada por forças e condições externas sendo o seu final sempre associado ao esgotamento do potencial ou quando encontra um impedimento externo que o faz cessar. Tais processos têm um termo final mas nunca têm uma meta, por isso as questões do tipo para quê são inapropriadas para esses processos. Este é o caso do decaimento do urânio, do raio caindo na árvore e de processos químicos e físicos que ocorrem no transcurso e na execução dos programas, que são formados pela combinação de moléculas e outros componentes orgânicos, obedecem estritamente as leis naturais. Processos com essas características são denominados de teleomáticos (MAYR, 2005).

Entretanto, o mundo vivo tem como traço mais característico a ocorrência de processos orientados para uma meta, chamados teleonômicos. Nestes processos observa-se a orientação para uma meta num processo ou atividade, relacionando-se a causas últimas que ocorrem em processos celulares de desenvolvimento e são comuns nos comportamentos de organismos (MAYR, 2005). Os comportamentos teleonômicos possuem dois componentes, a saber: (1) o primeiro guiado por um programa que depende de um termo final, meta ou término que já está previamente determinado no programa que regula o comportamento ou processo, como por exemplo uma estrutura, uma função fisiológica, a obtenção de posição geográfica e (2) é ajustado pelo valor seletivo do termo final atingido, sendo resultado da seleção natural (MAYR, 2005). De acordo com Mayr (2005), programa é algo material que tem uma existência anterior a inicialização do processo teleonômico.

Os processos teleonômicos são o motivo da causalidade dual da Biologia. Esta causalidade dual em virtude da natureza complexa do ser vivo, além de obedecer as leis naturais, está submetido também ao seu programa genético. O programa genético pode ser entendido, de acordo com Mayr (2005), como uma informação codificada ou pré-organizada que conduz em direção a uma meta, controlando processos ou comportamentos, sendo que todos os processos físico-químicos que ocorrem no decorrer do programa, atividades de conjuntos de moléculas e outros componentes orgânicos que compõem o organismo, obedecem as leis naturais. A existência desse programa nos organismos é o resultado do processo

evolutivo que agiu no percurso histórico do organismo. A sua existência pode ser inferida a partir das manifestações do comportamento das atividades do ser vivo que apresenta o programa.

Além dos programas genéticos, é importante considerar os programas somáticos para o desenvolvimento dos organismos. Cada estágio da ontogenia, associado a circunstâncias ambientais relevantes, representa um programa somático para o passo seguinte do desenvolvimento, a exemplo das evidências das recapitulações podem ser consideradas programas somáticos, pois não foram removidas pela seleção natural em razão da sua importância para o processo subsequente do desenvolvimento.

A direcionalidade da ação de um processo teleonômico está subordinada a um programa, contudo por estar relacionado ao controle de processos complexos, admite perturbações internas e externas. Assim, o alcance da meta não se trata de algo completamente determinado por causas dessas perturbações. Além disso, dizer que um comportamento visa uma meta, não significa dizer que é necessário haver mecanismos que incrementem a forma como essa meta é alcançada, mas sim que é preciso existir mecanismos de inicialização, ou seja, que causem esse comportamento que visa a meta.

As características adaptativas, na medida em que passaram a ser explicadas a partir da seleção natural, fizeram com que os biólogos começassem a fazer perguntas do tipo “por quê?”, as quais são importantes para a busca de muitas explicações, inicialmente, no ramo da fisiologia e, posteriormente, em outros campos da Biologia. O valor heurístico das perguntas do tipo “por quê?” e “para quê?” não foi ainda esgotado, por isso elas continuam contribuindo muito para a produção de conhecimento na área de ciências biológicas.

## **5 Causas próximas e causas últimas**

A pluralidade de fatores causais, associada com o probabilismo na cadeia de eventos, geralmente torna difícil quando não impossível, determinar a causa precisa de um fenômeno.

Mayr (1961), na tentativa de explicar as causas da migração dos pássaros, deparou-se com o pluralismo da explicação biológica. De acordo com Beatty (1994), ele buscou explicar esse fenômeno por meio de causas fisiológicas e relacionadas ao ambiente em que os organismos viviam. Alguns anos depois, após algumas leituras de cunho evolucionista, Mayr

passou a tentar buscar explicações para o fenômeno da migração nas pressões seletivas que as populações de pássaros foram submetidos ao longo da história, bem como no valor adaptativo da migração para o sucesso reprodutivo e sobrevivência diferencial.

Mayr (1961), tratando do pluralismo na explicação biológica, apresenta como exemplo da migração dos pássaros. Este autor enumera várias causas para esse fenômeno, a saber: (1) causa ecológica – um pássaro por se alimentar de insetos, migra porque iria morrer de fome se tentasse permanecer em New Hampshire durante o inverno; (2) causa genética – o pássaro adquiriu ao longo da sua história evolutiva uma constituição genética que o permite a responder aos estímulos do ambiente; (3) causa fisiológica intrínseca – a migração do pássaro para o sul está relacionada a fotoperiodicidade, a diminuição da duração do dia é o gatilho para que o pássaro realize a migração e (4) causa fisiológica extrínseca – migraram no dia 25 de agosto, por causa de uma massa de ar frio, com ventos de norte, passou a cidade neste dia, a redução brusca de temperatura e as condições meteorológicas afetaram o pássaro, que já estava em uma prontidão fisiológica geral para a migração.

A partir da análise das quatro causas para migração desta ave, pode-se notar que há um conjunto de causas imediatas da migração, que consiste na condição fisiológica da ave interagindo com fotoperiodicidade e redução da temperatura. As outras duas causas, a falta de comida durante o inverno e a disposição genética da ave, são as causas finais. Estas são as causas que têm uma história e que foram incorporadas ao sistema através de muitos milhares de gerações de seleção natural. Logo, de acordo com Mayr (2008), é sempre possível explicar um dado fenômeno tanto por meio de suas causas próximas quanto de suas causas últimas. A distinção entre causas próximas e causas últimas teve um importante papel na carreira de Mayr. Segundo Beatty (1994), no início da carreira, essa distinção foi usada para defender a Biologia Evolutiva da Fisiologia Mecanicista, na tentativa de reorientar a filosofia da época, a qual era dominada pela Física. Posteriormente, essa distinção foi usada com o propósito de estabelecer a autonomia da Biologia, desde o campo da Filosofia da Biologia, postulando que havia uma complementariedade entre as causas próximas e as causas últimas, protegendo a Biologia do reducionismo imposto pelos cientistas que trabalhavam com Biologia Molecular.

A terminologia causas próximas e causas últimas tem uma longa história, sendo que na teologia natural “última” se refere a Deus. A primeira menção aos termos causas próximas e causas últimas foi feita por G. J. Romanes numa carta para Darwin no ano de 1880. Nesta carta, segundo Mayr (2008), ele diz que para a ciência ter valor devia se buscar causas mais próximas

sendo que as causas últimas seriam, por exemplo, postular movimentações das moléculas como a explicação completa da hereditariedade. John Baker (1938 apud MAYR, 2008), tratando sobre o tema acasalamento dos animais, afirma que, para determinados animais, as condições ambientais específicas favoráveis aos filhotes constituem as causas próximas, estimulando os pais a se reproduzirem e a abundância de insetos para a alimentação dos filhotes seriam as causas últimas.

Após Darwin, as causas últimas passaram a significar causa evolutiva. Weiss 1947 (apud MAYR, 2008) afirmou que todo sistema biológico tem um aspecto dual, ou seja, é possível apontar uma causa próxima e uma causa última para os fenômenos biológicos, como sendo mecanismos causais e ao mesmo tempo produtos da evolução.

De acordo com Mayr (2008), causas próximas estão relacionadas com a função de um organismo e suas partes, assim como com o seu desenvolvimento, morfologia funcional e sua bioquímica (programas genéticos e somáticos). As causas evolutivas (históricas ou últimas), por outro lado tentam explicar porque um organismo é como é, como produto da evolução. Desta maneira, as causas próximas afetam o fenótipo (morfologia e comportamento), sendo a decodificação do programa genéticos ou somáticos, e podem ser investigadas por experimentação por serem mecânicas regidas por leis naturais físicas e químicas..

As causas próximas são consideradas as causas funcionais e as causas últimas são as causas evolutivas. Desta forma, as atividades ou processos que envolvem as instruções de um programa são causas próximas, em particular, aquelas que são objeto das ciências fisiológicas, dizem respeito às funções de um organismo e ao seu desenvolvimento, tendo lugar, portanto, no tempo de vida dos indivíduos (ou tempo somático) (CAPONI, 2007; CARVALHO et al., 2011). As causas evolutivas são as que conduzem a origem de um novo programa ou modificação do programas existentes, ou seja, são eventos passados que mudaram o genótipo. O estudo das causas remotas (evolutivas) procura explicar por que um organismo é do jeito que é (MAYR,1961;1988).

## **5 Debates contemporâneos sobre causas próximas e causas últimas**

Apesar da aceitação global da dicotomia próximo-última pela comunidade da Biologia, ao longo dos anos, são frequentes as críticas proferidas por biólogos, psicólogos e filósofos para a interpretação de causalidade de Mayr (FRANCIS, 1990; DEWSBURY, 1999; ARIEW, 2003; AMUNDSON, 2005; THIERRY, 2005). Essas críticas apresentam, geralmente, um padrão

comum, sendo que o grupo mais radical, às vezes explicitamente, identifica a dicotomia próximo-última como uma barreira conceitual para o progresso científico (WATT, 2000; WEST-EBERHARD, 2003; AMUNDSON, 2005; THIERRY, 2005). Alguns autores, como Francis (1990), apontam que distinção entre causas próximas e causas últimas pode ser sistematizada por meio da seguinte sentença: enquanto o "x" é a causa próxima do fenômeno "p", "y" é sua causa final, na qual "x" é algum aspecto de um organismo de fisiologia ou ambiente imediato e "y" é um agente da seleção natural, que foi inferido por meio de uma análise funcional. Para este autor fica claro o motivo do uso do adjetivo próximo para designar as causas que se ocupam de processos que ocorrem durante a vida de um indivíduo. Entretanto, ele afirma que não há um novo significado técnico relacionado ao uso da palavra última associada a palavra causa, quando se realiza a análise da evolução de um comportamento. Além disso, o uso da última não condiz com a definição apresentada no dicionário. Diante disto, este termo não apresenta valor para os sociobiologistas.

Com o intuito de solucionar o problema do uso dos adjetivos próximas e últimas usados para qualificar as causas de um fenômeno, Francis (1990) propõe que seja utilizado o par ontogenéticas/filogenéticas, uma vez que as explicações que pretendem oferecer as "causas finais" geralmente referem-se à seleção natural de maneira bastante indireta. Na verdade, de acordo com este autor, geralmente declarações não dizem respeito a causas, mas sim aos efeitos, denominados de adaptações que são inferidas a partir de análises funcionais. Logo, as declarações finais são explicações funcionais. Outro argumento usado pelo autor para defender a ideia de que causas últimas são explicações funcionais é que esse tipo de explicação não só explica o fenômeno comportamental considerado, mas também os mecanismos próximos que produzem esse comportamento.

Alguns acreditam que os processos de interação e feedback, tradicionalmente caracterizadas como 'próximo' são relevantes para questões evolutivas 'últimas' também. Por exemplo, Arew (2003), Dewsbury 1999 e Laland (2011;2013) argumentaram que a dicotomia próximas-últimas dificultam a integração da biologia evolutiva e do desenvolvimento. Muitos argumentam que a distinção próximo-último tem desencorajado o exame da maneira pela qual os processos ontogenéticos podem definir a agenda evolutiva, por exemplo, através da introdução de inovações, canalizando variação, ou iniciar episódios evolutivos através da modificação pressões de seleção (LALAND, 2011; 2013).

Thierry (2005) comunga da ideia de outros autores que a definição de causas próximas e causas últimas não comporta processo como a deriva genética ou a herança ambiental, dando ênfase, apenas, seleção natural como a forma de mudar a frequência de alelos na população.

Laland e colaboradores (2013) argumentam que o processo de desenvolvimento não somente deriva de um programa genético moldado pela seleção natural, mas também tem impacto sobre a taxa ou a direção da evolução. Portanto não tem apenas causas próximas, mas influência diretamente nas causas evolutivas. Estes autores também defendem que o conceito de nicho enfatiza como o organismo modifica o ambiente ao seu redor e conseqüentemente o regime seletivo. Desta forma, as características fenotípicas do organismo estão co-evoluindo com outros traços em uma mesma população cujo sucesso em termos de sobrevivência e reprodução são determinados pela modificação realizada pelo organismo no ambiente. Dito de outra forma, a capacidade de modificar o ambiente causa mudanças nas pressões seletivas que favorece aqueles organismos que apresentam estas características fenotípicas. A cooperação humana, de acordo com Laland e colaboradores (2013), é um caráter tanto genético quanto cultural. A aprendizagem social cria uma tendência de desenvolvimento e/ou influencia as pressões de seleção natural permitindo que a variação genética e cultural co-evoluam, e desenvolvam respostas plásticas para desencadear episódios evolutivos novos. Por isso, estes autores propõem que a teoria evolucionista deve ser revista e que no mundo vivo há uma causação recíproca. Dito de outra forma, ao mesmo tempo em que as pressões seletivas produzem um programa genético, as expressões fenotípicas relacionadas a esse programa transformam o ambiente, conseqüentemente mudando as pressões seletivas.

Outro problema apontado por Dewsbury (1999) está relacionado a causas últimas. As causas devem preceder os efeitos, entretanto, segundo esse autor muitos biólogos tratam causas últimas como se estas incluíssem tanto a história evolutiva quanto a significância adaptativa. De acordo com Thierry (2005), há implícita na definição de causas últimas uma ideia uniformista, que defende que os processos naturais que atuavam no passado são os mesmos como atuando neste, ou seja, a seleção natural é o crivo que atua sem cessar sobre as variações na população, como meio de alterar a frequência dos alelos em uma determinada população. Esta forma de conceber a evolução, não explica as diferentes escalas de tempo evolutivo nem as restrições epigenéticas.

A divisão da biologia em biologia funcional e biologia evolutiva e a utilização do par causas próximas e causas últimas foram duramente criticadas pelos estudiosos do

comportamento animal, a exemplo Dewsbury (1999) que critica o uso do termo função, visto que tem significados diversos para os diferentes cientistas. Sendo assim a designação biologia funcional pode causar problemas em termos de interpretação do seu significado. Função, frequentemente, designa a forma como o mecanismo opera, então, em biologia evolutiva, esse termo não deve ser utilizado para a significância adaptativa. Contudo, a palavra função pode ser usada de maneira correta quando associada ao adjetivo adaptativa, designando uma função adaptativa.

A despeito desses debates filosóficos no que diz respeito a ensino de Biologia é interessante manter essa divisão por conta das características distintas apresentadas por cada um dos campos, como será exposto na próxima seção.

## **7 Dois campos da Biologia**

A Biologia funcional trata de fenômenos relacionados ao organismo, enquanto a Biologia evolutiva o organismo é sempre visto como integrante de níveis de organização mais abrangentes, como as populações (CARVALHO et al., 2011; CAPONI, 2013), que são entendidas tanto como entidades ecológicas (subsistema dentro de um sistema) quanto como entidades genealógicas (sublinhagem de uma linhagem) (CAPONI, 2013).

A Biologia funcional contém o conjunto de disciplinas biológicas que estão relacionadas no estudo das causas próximas, explicando os fenômenos vitais que se encadeiam e que integram a constituição (desenvolvimento) e o funcionamento (fisiologia) dessas estruturas, bem como permitem entender como esses organismos individuais interagem com o ambiente. A Biologia evolutiva se ocupa das causas remotas, explicando porque as diferentes linhagens de seres vivos apresentam ou podem ter em algum momento determinados caracteres.

De acordo com Mayr (2008), a Biologia funcional inclui as disciplinas relacionadas a Fisiologia, maior parte da Biologia Molecular, Biologia do desenvolvimento, Genética fisiológica. Caponi (2013) acrescenta, também, a este campo, a Autoecologia. A Biologia evolutiva, segundo Mayr (2008), é composta pela Genética de transmissão, Etologia, Sistemática, Morfologia comparada e Ecologia. Esta forma de organizar as disciplinas demanda que a genética e a morfologia sejam divididas em dois campos, sendo respectivamente genética fisiológica e genética de transmissão; morfologia funcional e morfologia comparada.



Entretanto, na prática, de acordo com Mayr (2008), já existe esta divisão. Portanto, isso não compromete a classificação das disciplinas nos dois campos da Biologia.

Na Biologia funcional as questões têm a forma “Como?”. De acordo com Caponi (2007), uma característica da biologia funcional é sempre buscar uma descrição e uma explicação fisiológica com caráter redutivo e baseada na físico-química para estruturas e dos fenômenos orgânicos. De acordo com Mayr (1961; 1988), a biologia funcional tende a considerar o experimento como único método científico e segue aspectos metodológicos parecidos com os da Física e Química. A Biologia evolutiva tem uma dimensão histórica e as suas questões têm a forma “Por que?” De acordo com Mayr (1961;1988), o método usado na Biologia evolutiva diferencia-se daquele usado na Biologia funcional, uma vez que não é possível fazer experimentos nem realizar previsões sobre os fenômenos evolutivos. A Biologia evolutiva, assim, estuda eventos contingentes através de testes de narrativas históricas (MAYR,1998). Norris et al (2005) afirmam que as narrativas explicativas permitem o entendimento de eventos em que é difícil realizar previsões. Elas explicam um evento por meio da narração dos acontecimentos que conduziram a sua ocorrência. Assim faz uma retrospectiva que indica como o presente é uma consequência do passado. Um exemplo de narrativas explicativas são as explicações narrativas seletivas sobre a origem histórica de uma estrutura ou de um comportamento animal (NUNES-NETO; EL-HANI, 2009). Além disso, como afirma Caponi (2007), estas explicações evolucionistas fornecem uma resposta para diferença entre a frequência de indivíduos provocada pela pressão seletiva, relatando o porquê uma determinada característica pode ser melhor que qualquer outra em um dado contexto.

## **8 Explicações funcionais na biologia**

O conceito de função utilizado no sentido de descrever objetos e organismos e suas interações, desde o período da Antiga Grécia, tem sido motivo para muitas controvérsias e indagações filosóficas. A perspectiva positivista de função, dominante até meados do século XX, tendo em vista avaliar se as atribuições funcionais poderiam ser qualificadas como explicações dedutivo-nomológicas, nas quais o fato a ser explicado (explanandum) é uma consequência lógica das sentenças que o explicam (cf. HEMPEL & OPPENHEIM, 1948 ), sendo comuns na física e na química. A partir da década de 1960, após receber muitas críticas,

essa visão perdeu espaço na comunidade filosófica, principalmente por causa dos exemplos contrários as suas concepções.

Neste período, o conceito de função biológica passou a ser considerado a partir de três dimensões: naturalística, normativa e teleológica. De acordo com Hardcastle (2002), o conceito de função tem uma dimensão naturalística porque sua explicação se apoia em teorias científicas. Este mesmo autor defende que o conceito de função tem uma dimensão normativa, pois no momento que definimos uma função, isolamos um efeito entre os muitos, caracterizando o que um determinado traço (estrutura ou comportamento) é suposto fazer. Esta dimensão, segundo Mossio e colaboradores (2009), faz com que seja necessária uma justificação teórica referente aos critérios adotados para a discriminação de uma determinada relação funcional entre tantas outras possíveis. A dimensão teleológica diz respeito ao papel genuíno de uma determinada função para a vida dos portadores dessa função. Assim, a introdução desta dimensão ao conceito de função biológica permite que um efeito ou consequências específicas da atividade de um traço tenha relevância para a explicação sobre a sua existência (MOSSIO *et al.*, 2009).

Diferentes perspectivas sobre as dimensões teleológicas e normativa do conceito de função biológica tem gerado debates filosóficos quanto a sua definição, pois há interpretações diferentes, na tentativa de enquadrar este conceito a estrutura aceita para uma explicação científica. Na filosofia contemporânea da biologia existem três perspectivas para explicar as atribuições funcionais nas ciências, são elas: (1) a abordagem etiológica selecionista de Wright; (2) a análise funcional de Cummins e (3) a organizacional proposta por Mossio e colaboradores (2009) que busca integrar as duas anteriores. As duas primeiras são, respectivamente, uma abordagem histórica ou etiológica e uma abordagem sistêmica ou disposicional com domínios de aplicação distintos. Enquanto a primeira sustenta que a função explica o porquê de certo traço, órgão ou propriedade existir, a segunda considera que o poder explicativo da função está na avaliação de sua contribuição para o sistema do qual faz parte, não sendo relevante para sua compreensão a informação sobre sua origem evolutiva. A terceira via, mais recente, defende que funções biológicas são relações causais que são objetos de fechamento em sistemas vivos, tomando como premissa que os sistemas vivos são sistemas de auto-manutenção organizados, fechados e diferenciados. Mossio e colaboradores (2009) argumentam que a abordagem organizacional leva consideração tanto a dimensão teleológica na medida que explica o motivo da existência do portador de uma função e identifica de maneira não arbitrária normas que a função supostamente obedece. Desta forma, a abordagem organizacional tem a proposta de integrar a perspectiva etiológica e a disposicional num mesmo quadro teórico.

A seguir abordaremos com mais profundidade cada uma dessas abordagens sobre o conceito de função e argumentaremos a favor da adoção de uma abordagem organizacional para conceituar função no ambiente escolar.

## **9 Explicação etiológica selecionista de Larry Wright**

Larry Wright (1998 [1973]) elaborou uma abordagem causal das funções, em termos do que ele chamou de etiologia da consequência, que está fundamentada em duas considerações básicas. A primeira se refere ao caráter explicativo das atribuições de funções, a explicação para uma função é semelhante a sua atribuição funcional. Por exemplo, se dissermos que a cor da pelagem dos ursos polares é para confundir a presa, explicaremos o motivo dos ursos polares terem essa cor de pelagem. A segunda consideração diz respeito à equivalência contextual de diferentes tipos de perguntas ( “Qual a função de x?”; “Por que Cs têm xs?”; “Por que xs fazem y?”), tendo o papel de apoiar o caráter explicativo das atribuições funcionais. Essas perguntas são consideradas equivalentes, pois demandam respostas semelhantes, uma vez que todas , segundo Wright (1998 [1973]), tratam da função de x, que, por sua vez, exige uma explicação acerca da existência de x. Considerando atribuições funcionais sob este prisma, percebe-se que determinada função está relacionada ao cenário causal que originou este fenômeno.

Wright faz uma importante distinção entre função e acidente, designando que uma função deve explicar o motivo para que certos animais possuam determinada estrutura ou comportamento, enquanto um acidente é uma disposição apresentada por uma estrutura ou comportamento que não explica necessariamente o porquê da sua existência. Nunes-Neto e El-Hani (2009) apresentam exemplos que evidenciam bem essa diferença entre função e acidente. Eles argumentam que, se perguntarmos “para que o fígado é bom?”, obteremos inúmeras respostas, inclusive é possível que seja dito que o fígado é bom para ser comido com cebola. Tal resposta, da perspectiva histórica, representa um acidente, uma vez que não explica o motivo da existência do fígado. Portanto, para obtermos necessariamente respostas ligadas a função biológica de uma estrutura ou comportamento (x), é importante fazer perguntas do tipo “por que os animais têm (x)?”, pois a resposta requerida por esta pergunta diz respeito ao motivo de certos animais possuírem (x), logo não cabe como resposta qualquer acidente. Desta maneira,

função de um traço pode ser caracterizada como o efeito que foi mais eficiente para sobrevivência e reprodução das gerações anteriores.

Tendo em vista a distinção entre função e acidente, Wright (1973 [1998]) propõe a seguinte forma para uma atribuição da função:

A função de X é Z significa

(a) X existe porque faz Z

(b) Z é uma consequência (ou resultado) de X existir.

Wright apela para a noção de consequência causal, derivando daí que se X faz Z, então Z é uma consequência ou resultado de X a fim de proceder a distinção entre as etiologias. Portanto, de acordo com Wright o que determina a existência de etiologias especificamente funcionais é a própria natureza da etiologia. Nota-se que a primeira parte da fórmula indica a forma etiológica das explicações/atribuições funcionais, e a segunda tipifica a etiologia funcional, visto que as questões etiológicas, como “Por que ele está ali?” ou “O que ele faz”, podem ser traduzidas em perguntas do tipo “Que consequência ele tem de responder por ele estar ali?” (WRIGHT,1973). Portanto, seria correto, por exemplo, dizer que as plantas possuem clorofila porque realizam a fotossíntese e a realização da fotossíntese é a razão pela qual plantas possuem clorofila (NEI-NUNES; EL HANI, 2009). Entretanto, não seria correto dizer que há oxigênio na corrente sanguínea dos seres humanos porque esse se combina facilmente com a hemoglobina. Embora seja verdadeiro que o oxigênio se combina facilmente com a hemoglobina, não é essa sua função e não faria sentido dizer que o oxigênio está lá por essa razão: “a função do oxigênio na corrente sanguínea humana é prover energia para as reações de oxidação e não combinar com a hemoglobina. Combinar com a hemoglobina é apenas um meio para tal fim” (WRIGHT,1973) .

Para definir função de um traço por meio de uma visão etiológica é necessário observar o que o traço faz pelo organismo considerando uma demanda particular do ambiente. A caracterização da função T requer que esta seja confrontada com regime seletivo particular em que o organismo se encontra. Assim, segundo Arew e colaboradores (2002), a função T é fazer E por um organismo O porque no contexto C, E aumentou o fitness do ancestral de O.

A perspectiva etiológica apresenta alguns problemas que são apontados principalmente por Cummins (2002). As críticas a esta formulação concentram-se em três pontos: a teleologia,

a perda da perspectiva da economia orgânica e na forma de encarar a seleção natural como única forma de explicar a mudança na frequência dos alelos.

Em termos de teleologia, ou neoteleologia como denominada por Cummins (2002), a qual é a ideia de que o apelo à função, ao objetivo ou ao propósito de algum item, digamos x, pode explicar por que x existe ou está presente em um certo sistema. Desta maneira, para explicar o porquê x existe os neoteleologistas colocam como processo base a seleção natural, visto que ela é responsável pelo aumento da frequência da atribuição funcional, pressupondo que os traços nos organismos são selecionados por causa dos efeitos que contam como suas funções e, portanto, existem nos organismos porque têm as funções que realizam, sendo assim eles existem por causa da sua história de desenvolvimento. Entretanto, de acordo com Cummins (2002), os processos que produzem os traços biológicos não são dependentes da função desses traços. Logo, a função não pode ser usada para explicar a existência dos traços biológicos. Mas, os neoteleologistas contra-argumentam que, apesar dos processos que explicam a existência de um traço serem subordinados a sua função, os processos que mantiveram os traços e fizeram com que sua frequência aumentasse na população são influenciados pela função, dando uma indicação de como esse traço surgiu.

Outro ponto importante é que nem todo traço biológico que desempenha uma função é selecionado positivamente por conta da função que desempenha. Isso porque os traços não surgem estritamente por causa do regime seletivo, mas existem outros fatores, como a deriva genética e as restrições, que podem originar os traços. Não sendo possível, portanto, atribuir a seleção o poder de determinar o porquê de algo existir, como o fazem os neoteleologistas mais radicais. Além disso, de acordo com Gould e Vrba (1982) muitos caracteres evoluem sem nenhuma função ou são exaptações, sendo que o caráter tem determinada função no passado e esse mesmo caráter, no presente, exerce um papel diferente, a exemplo das penas que tinham a função de termorregulação no ancestral das aves e atualmente são usadas para o voo pelas aves. Para resolver esse problema, Godfrey-Smith (1998)[1994] propõe que esse problema pode ser resolvido se limitarmos a busca da etiologia à história mais recente do traço. Assim, para explicar porque as aves têm penas atualmente devemos apenas recorrer somente a história recente, na qual a permanência desse traço se deve a sua função que é o voo. Por outro lado, como exposto por Nunes-Neto e El-Hani (2009), os neoteleologistas mais fracos argumentam que são as variações na função de algo que é significativa para a adaptatividade, e não a presença ou ausência da função, desta forma o alvo da caracterização funcional não é o mesmo da seleção. Isto está de acordo com as considerações de Cummins (2002) que afirma que na medida

em que a seleção opera sobre as variações na eficiência de estruturas biológicas que devem cumprir certo papel, a atribuição funcional deve-se dirigir para todos os indivíduos da população. Ademais, nem todos os indivíduos serão selecionados, mas somente aqueles capazes de obter os recursos de maneira mais eficiente. Portanto, o alvo da seleção pode ser considerado um subconjunto do alvo da atribuição funcional<sup>3</sup>.

Outro fator que é motivo de crítica é que não há uma visão do sistema do qual o traço faz parte, ou sobre o qual agirá, perde-se um aspecto relevante do processo evolutivo que é o organismo, focando-se apenas nos traços que são selecionadas e herdadas pelos descendentes da próxima geração.

Apesar das críticas, este conceito de função fornece uma importante distinção acerca do significado de função e acidente. Segundo Nunes-Neto e El-Hani (2009), pode-se apelar para função para explicar o aumento da frequência de um traço numa determinada população, sendo que o exercício da função ocorre simultaneamente ao seu aumento em termos de frequência na população. Portanto, a seleção explica de forma consistente porque os traços se tornam mais comuns na população.

## **10 Análise funcional de Robert Cummins**

Cummins defende que as explicações funcionais, na biologia, podem ser elaboradas independente de considerações evolutivas, ou seja, sem considerar como a capacidade funcional está relacionada à capacidade do organismo manter a espécie (CUMMINS,1975), desconsiderando todas as avaliações de adaptatividade e as probabilidades desse traço ser selecionado e, conseqüentemente, aumentar a sua frequência (CUMMINS, 2002). Este autor argumenta que as outras abordagens sobre função foram mal orientadas, em virtude da insistência em abordar a função como algo que explica a existência ou presença de uma estrutura ou comportamento que está sendo analisado.

De acordo com Cummins (1998 [1975]), explicar uma função implica em estabelecer enunciados disposicionais. Por exemplo, se algo funciona como uma bomba no sistema s, ou

---

<sup>3</sup> Cummins (2002) não define de maneira rigorosa o que entende por “alvo da seleção” e “alvo da atribuição funcional”. De acordo com a interpretação de Nunes-Neto e El-Hani (2009), é razoável depreender que o alvo da atribuição funcional indica o conjunto de todos os organismos que possuem os itens aos quais atribuímos função (no nosso exemplo específico, o coração). Já o alvo da seleção seria o conjunto dos organismos que têm maior sucesso na obtenção de recursos para sua sobrevivência e reprodução.

se a função de algo no sistema  $s$  é bombear, logo ele deve ser capaz de bombear em  $s$ . Desta maneira, segundo este autor, afirmar que  $a$  tem  $d$  é dizer que a manifestaria  $d$ , caso fossem satisfeitas as condições suficientes para que isso ocorra, portanto  $a$  se comporta de forma a apresentar  $d$ , sempre que exposto a determinadas condições (NUNES-NETO; EL-HANI, 2009). Para Cummins (1975) o mais importante é explicar exatamente essa regularidade disposicional, pois ao explicá-la estamos respondendo sobre as causas das manifestação das disposições, em virtude de determinadas condições necessárias que antecedem ao fenômeno. A análise funcional, então, busca explicar como um item funciona, ao invés de explicar o porquê dele existir como propõe a abordagem etiológica selecionista. Para tanto, Cummins propõe duas estratégias para proceder essa explicação: (1) estratégia da instanciação e (2) a estratégia analítica.

A estratégia de instanciação diz respeito a ação de incluir em algo mais amplo um determinado caso particular, em que um objeto apresenta determinada disposição, a uma regularidade disposicional legiforme. Assim, nesta estratégia a regularidade legiforme que inclui um caso particular, sendo vinculada com as condições particulares que explicam a manifestação da disposição do objeto, estando diretamente relacionada ao modelo dedutivo-nominológico proposto por Hempel e Oppenheim (1948). Nunes-Neto e El-Hani (2009) apresentam um exemplo para ilustrar essa estratégia que é a aplicação da regularidade legiforme da dilatação, associada as informações acerca do coeficiente de dilatação linear, a variação de temperatura a que o objeto foi submetido, a variação de seu comprimento. Tal abordagem pode ser aplicada de forma mais eficiente nos campos da Biologia Funcional relacionados a biologia molecular, por estarem mais próxima do campo física e da química.

Na estratégia analítica faz-se uma análise de  $d$  presente em  $a$  numa série de disposições  $d^1, d^2, d^3 \dots d^n$  apresentadas por componentes de  $a$ , de modo que a manifestação disto resulta na exibição de  $d$ . Cummins (1975) propõe a junção das duas estratégias, numa abordagem unificadora, desde que as disposições analisadoras ( $d^1, d^2, d^3 \dots d^n$ ) possam ser explicadas por meio da estratégia de instanciação. Vale ressaltar, que, na estratégia analítica, Cummins prefere usar o termo capacidade à disposição. Pode-se apresentar como exemplo uma linha de montagem, a qual está dividida em inúmeras tarefas distintas. A capacidade da linha de produção é determinada pela capacidade de cada ponto ou componente da linha de realizar determinadas tarefas de forma organizada, resultando no produto final.

Na análise funcional, o que deve ser explicado- o explanandum- é a capacidade de um sistema complexo. Sendo, portanto, considerado um quadro teórico distinto daquele utilizado por Wright (1973) em sua abordagem etiológica seletiva, a qual está fundamentada na teoria da seleção natural. A análise funcional busca fornecer uma explicação satisfatória para muitos fenômenos biológicos, nos quais é necessário recorrer a estratégia instânciação para compreender como funciona o organismo e entender o funcionamento dos sistemas que o compõe, a partir do conhecimento da capacidade dos seus órgãos, podendo dirigir-se aos níveis cada vez mais baixos, a depender do que se objetiva conhecer. Assim, a abordagem analítica é formulada por Cummins do seguinte modo:

[...] x funciona como F em s (ou: a função de x em s é F) relativamente a uma abordagem analítica A da capacidade de s de Y, apenas caso x seja capaz de fazer F em s e A dê conta, apropriada e adequadamente, da capacidade de s para Y em parte mediante um recurso à capacidade de x para F em s (Cummins, 1975 p. 190).

Uma das críticas apresentadas contra a análise funcional de Cummins é que pelo seu enunciado pode-se notar que não há uma distinção clara entre função e acidente, o que é um ponto forte na formulação para atribuição de função proposta por Wright. Isto permite que seja tratado como função efeitos que não deveriam ser entendidos dessa maneira ou atribuir funções a partes que de sistemas que intuitivamente pensamos que sejam parte que não apresentam funções (cf. WOUTERS,2003). Millikan (1998) indica como uma possível consequência absurda da aplicação da teoria de Cummins, que no ciclo da água, seja considerado como função das nuvens a produção de chuva. Griffiths (1993) critica a análise funcional afirmando que este tipo de abordagem sobre função não contribui para a compreensão das funções apropriadas dos itens biológicos e dos artefatos humanos. Entretanto, essa não é a noção de função proposta Cummins. Na verdade, o seu foco está direcionado sobre a complexidade e as relações entre as propriedades das partes e do todo, em um sistema complexo. Ademais, essa distinção adequa-se melhor quando se considera que os sistemas biológicos são resultados de uma longa história, ou seja, quando se trata de abordagens históricas, contudo este não é o caso da abordagem de Cummins

Nota-se que as duas abordagens sobre as atribuições de função estão sujeitas a críticas, contudo elas são apropriadas para responder perguntas distintas, utilizando de argumentos próprios, que lhes conferem um contexto de aplicação legítimo. A abordagem etiológica seletiva de Wright diz respeito a função como algo que explica o porquê de algo existir, desta maneira adequa-se bem a quadro teórico da Biologia Evolutiva. Enquanto, a análise



funcional de Cummins explica como determinado item biológico funciona recorrendo as estratégias de instanciação e a análise funcional. Este tipo de resposta adequa-se melhor ao campo da Biologia Funcional.

## **10 Abordagem organizacional do conceito de função biológica (MOSSIO *et al* ,2009)**

A abordagem organizacional visa integrar as perspectivas seletivista e disposicional num quadro conceitual único. A atribuição funcional tem relevância ao mesmo tempo para a existência do traço funcional e a sua corrente contribuição para a capacidade do sistema, desde que funções só fazem sentido na relação para os tipos específicos de relações físico-químicas, que caracteristicamente fazem parte do sistema biológico.

Para Mossio e colaboradores (2009), função deve ser interpretada como relações causais nas atividades dentro de um sistema biológico organizado, as quais ao mesmo tempo (1) explica a existência do portador da função e (2) constitui o meio e o fim das relações que contribuem para alguma capacidade distintiva do corrente sistema que está sendo analisado.

A abordagem organizacional compreende o sistema biológico como um sistema sofisticado, altamente complexo e auto-mantido. (SABORIDO,2012). A função está intimamente relacionada as propriedades do sistema com automanutenção: o fechamento organizacional e a diferenciação organizacional. Mossio e colaboradores (2009) argumentam que o fechamento organizacional permite que o sistema se auto-mantenha, há um ciclo causal das relações dinâmicas entre os padrões macroscópicos (nível mais alto) e os padrões microscópicos (nível mais baixo), o qual promove as condições necessárias para a manutenção do sistema. Desta maneira, um sistema com automanutenção trabalha por meio da interação entre as partes de um todo complexo, o qual, por sua vez, permite e constrange a atividade das partes. Esta interação entre as partes e o todo nos sistemas com automanutenção pode ser explicado pelas leis termodinâmicas a partir do entendimento das estruturas dissipativa, que são sistemas no quais os elementos microscópicos adotam um padrão macroscópico global na presença de um fluxo específico de energia e matéria afastada das condições de equilíbrio termodinâmico. Entretanto o padrão macroscópico exerce pelo menos uma restrição *top down* que contribui para o fluxo de energia e matéria longe das condições equilíbrio (RUIZ-MIRAZO, 2001 p. 59). Assim, os processos constitutivos de um sistema de automanutenção geram uma restrição que contribui para a manutenção das condições termodinâmicas necessárias para que

os processos constitutivos ocorram. A atividade das partes de um sistema se converte em uma condição necessária ( mas não suficiente) para a existência do próprio sistema

O fechamento organizacional justifica, então, a existência do processo por se referir aos seus efeitos, visto que um processo é objeto de restrição num sistema com automanutenção ao mesmo tempo que contribui para a manutenção das condições requeridas para a sua própria existência (MOSSIO *et. al.*,2009). Diante disso, estes autores afirmam que o fechamento organizacional fornece as bases para as dimensões teleológica e normativa do conceito de função. A dimensão teleológica fica evidente quando faz-se a pergunta: “Por que X existe em uma classe do sistema?” pode ser respondida de forma legítima “Porque X faz Y” . Bem como, nota-se que a dimensão normativa está fundamentada no fechamento organizacional de um sistema com automanutenção na medida em que a atividade do sistema é condição para existência de seus processos constitutivos e a organização normatiza a sua atividade. Por tanto, a contribuição do fechamento organizacional para o sistema como um todo constitui ao mesmo tempo como uma das condições da sua existência e uma norma para todos os processos sujeitos a restrição. Apesar de satisfazer as dimensões teleológica e normativa do conceito de função, o fechamento não é uma condição suficiente para as atribuições funcionais, para apresentar funções os sistemas com automanutenção devem pertencer a uma classe específica em que diferentes contribuições para a manutenção do sistema podem ser distinguidas, o que demonstra função.

A diferenciação organizacional implica não somente no fato de que diferentes componentes materiais são recrutados e constrangidos para contribuir para a automanutenção, mas, também, o próprio sistema gera estruturas distintas que contribuem de um modo diferente para automanutenção, a exemplo das propriedades emergentes. O sistema para ter uma organização diferencial precisa produzir estruturas e componentes diferentes quanto a composição e /ou localização e cada um necessita fazer uma contribuição específica para as condições de existência do todo sistema organizado. Dito de outra forma, segundo Mossio e colaboradores (2009), os componentes materiais de um sistema possuem atribuições funcionais somente se eles foram gerados, e são mantidos, dentro e pela organização do sistema.

Desta maneira, Mossio e colaboradores (2009) a partir uma perspectiva organizacional, considerando estas duas propriedades de um sistema com auto- manutenção, definem função como: um traço T tem uma função se, e somente se, ele é sujeito a um fechamento F organizacional C em um diferenciado sistema com auto-manutenção S. Esta definição implica

em três condições para que o traço T tenha uma atribuição funcional: (C1) - T contribui para a manutenção da organização O de S; (C2) – T é produzido e mantido sob algum contrangimento exercido por O; (C3) – S tem uma organização diferencial.

O loop causal formado pela sequência de processos é expresso por meio da ideia de fechamento. Os fechamentos podem ser classificados em dois tipos: os fechamentos de processo e os fechamentos de restrição (NUNES-NETO et al., 2014). Os fechamentos de processos estão relacionados a sistemas físicos e químicos, em que um processo influencia outro de maneira circular, enquanto os fechamentos de restrições referem-se a um modo específico de dependência entre o conjunto de restrições, em que o sistema produz algumas restrições subordinadas a dinâmica subjacente que produz o fechamento. Não apenas os processos de restrição formam o *loop* causal, mas, de acordo com Nunes-Neto e colaboradores (2014), este loop é o resultado da influência das restrições sobre o sistema e vice versa, de forma que um conjunto de restrições C realiza fechamento se, para cada  $C_i$  pertencente a C, (1)  $C_i$  depende diretamente de pelo menos uma outra restrição de C e (2) há pelo menos uma outra restrição  $C_j$  pertencente a C que depende de  $C_i$ . Cada restrição, num sistema fechado auto-mantido, contribui para a formação e renovação de outras restrições, sendo que cada uma exerce uma contribuição específica e distinta para manter as condições que permitem a existência do sistema organizado e, assim, contribuem para a automanutenção global do sistema (SABORIDO,2012). Um exemplo seria a célula viva que é mantida por causa da ação fechamento das restrições como enzima e membrana, que estão subordinadas as reações químicas que ocorrem dentro da célula de um modo cíclico, mas, a seu turno, cada uma dessas restrições contribui para geração de outros fechamentos. A seguir detalhamos mais o exemplo relacionado a atribuição funcional membrana.

A membrana tem a função de manter as concentrações distintas de solutos e solventes no meio intra e extra celular, uma vez que faz parte de um sistema de auto-manutenção, célula, que ao mesmo que permite a realização dessa função, exerce um constrangimento que limita a membrana a fazer o que é suposto que essa estrutura faça. Analisando as condições (C) para função da membrana na célula, tem-se: (C1) a membrana contribui para manutenção da organização do sistema, que é mantida em virtude do fato de que o metabolismo celular depende do transporte de substâncias realizado pela membrana tanto para o meio interno quanto para o meio externo da célula, o qual mantém as concentrações diferenciadas entre os meios intra e extracelular ; (C2) Os componentes estruturais da membrana plasmática são produzidos a partir do metabolismo celular e o transporte de substâncias é regulado pela concentração das

substâncias no meio, sinalização realizada por hormônios e por mecanismos de feed-back que inibem ou estimulam o metabolismo e conseqüentemente a necessidade do transporte de substâncias para regular as concentrações e (C3) A membrana tem uma organização diferencial, em termos de componentes (fosfolipídios, proteínas, glicolipídios e glicoproteínas) e de localização desses componentes na estrutura, considerando um nível molecular.

No que diz respeito a contribuição de T para O, C1 tem duas possíveis variantes: (1) T contribui para a manutenção de O de forma que, sem T, S deixa de existir (T tem uma contribuição indispensável para O) e (2) T contribui para a manutenção de O de forma que uma específica organização não existiria sem T, mas S pode ainda permanecer se modificar sua organização (T não tem uma contribuição indispensável para O) (MOSSIO et al. , 2009)

Um sistema com automanutenção pode ser subdividido em classes e subclasses de acordo com a sua organização. As classes devem possuir um conjunto de processos e restrições distintos num sistema hierarquizado, membros individuais podem possuir uma organização mais complexa, incluindo mais processos, restrições e capacidades. Logo, de acordo com Saborido (2012) as classes comportam vários regimes de automanutenção, mas nem todos os traços funcionais contribuem para todos os possíveis regimes de automanutenção de uma determinada classe, o que significa que por vezes o sistema pode compensar a ausência de um traço funcional adotando um regime diferente de automanutenção (exemplo a transdução da luz realizada pelos olhos, uma vez que pessoas cegas podem sobreviver). Por outro lado, há traços que são indispensáveis, por serem requeridos por todos os regimes de automanutenção que membro de uma classe pode possivelmente adotar (bombeamento de sangue realizado pelo coração, sem esta função o sistema deixa de existir, uma vez que sem esta atribuição funcional os nutrientes e o gás oxigênio não irão chegar as células corpóreas, bem como os excretas não serão eliminados).

Em relação a produção e manutenção de T por O, é importante notar que um sistema pode adotar regimes de automanutenção mais ou menos complexos, seguindo a complexidade da organização em curso e que, por isso, é possível que um traço apresente mais de uma função considerando as diferentes complexidades de um sistema de automanutenção (MOSSIO et al. 2009).

A função primária  $F_p$  do traço é a contribuição de T para a manutenção de S que é sujeita a restrição no mais básico regime de automanutenção. Em contraste, uma função secundária  $F_s$  de T é a contribuição de T para automanutenção de S que é sujeita a restrição em qualquer que

seja o regime de automanutenção mais complexo, incluindo o regime organizacional da função primária. Um exemplo, apresentado por Mossio e colaboradores (2009), relaciona-se as funções do coração a função principal seria bombear sangue, pois esta é a mais básica para o regime de automanutenção requerido para a sua produção e manutenção, enquanto que produzir ruído é uma função secundária que é importante para o diagnóstico médico de doenças cardíacas que envolve um regime de automanutenção mais complexo que inclui interações sócio-técnicas que também vão auxiliar na produção e manutenção do coração. É importante salientar que a classificação de uma função como primária independe da sua classificação como indispensável ou não, uma vez que determinada função classificada pode ser indispensável para uma dada classe (como no caso do coração) ou não (no caso dos olhos), bem como que conjunto de todas as atribuições funcionais para uma característica T fornece respostas tanto para a pergunta "por que T? ", e a quanto para o questionamento "o que é T para?" em diferentes regimes de automanutenção.

De acordo com Bich e colaboradores (2016), é o sistema de regulação permite a decomposição dos subsistemas para induzir um padrão coletivo apropriado de comportamento de um modo mais rápido e eficaz. Então, o processo regulatório exerce uma restrição sobre a atribuição funcional, favorecendo a manutenção da sua organização do sistema. Os processos regulatórios têm uma ação compensatória bastante eficiente e robusta, pois envolve uma progressiva acomodação da organização constitutiva que contribui para que os regimes disponíveis possam atuar em relação a uma perturbação específica. Conforme, estes autores, a regulação estabelece as bases hierárquicas dos controles e das funções que se desdobram num sistema. Deste modo, na medida em que a complexidade dos sistemas aumenta, o sistema de regulação torna-se cada vez mais necessário a fim de promover a manutenção da organização básica do sistema. Novos níveis de regulação relativos aos níveis mais altos devem estar presentes no sistema para assegurar a manutenção das partes constitutivas (ou de baixo nível) cada vez mais complexas do sistema.

Diante do que foi exposto, tomamos a abordagem organizacional para conceituar uma atribuição funcional, por reunir num único quadro teórico as ideias da abordagem etiológica e disposicional. Além disso, por ser uma teoria nova, acreditamos que precisa ser testada nos diversos contextos em que o conceito de função é utilizado. Ademais, o nosso trabalho aborda o reconhecimento de substâncias pelas proteínas receptoras e o transporte de substâncias realizado por proteínas transportadoras presentes na membrana plasmática, processos que restringem a capacidade da membrana de manter o meio intra e extracelular com concentrações

de solutos distintas, assim é importante frisar a relevância do processo de regulação, bem como o papel da organização do sistema para a atribuição funcional da membrana.

## 12 Propriedades emergentes

Na seção anterior ficou claro o papel de restrição exercido pela organização do sistema sobre para produção e manutenção de um traço funcional, e como, ao mesmo tempo, um traço funcional contribui para a manutenção do sistema organizado. Então, a função não é meramente uma atividade desempenhada por uma estrutura, mas emerge da interação restritivas entre os níveis mais baixos e mais altos.

As características singulares do organismo não se devem a sua composição, mas sim a sua organização (MAYR, 2008), uma vez que os processos físico químicos que são usados para interpretar os fenômenos no nível molecular não conseguem dar conta de explicar o que ocorre nos níveis mais altos de organização. Existem propriedades que emergem nos níveis mais altos de integração que não poderiam ser previstas a partir do conhecimento dos componentes dos níveis inferiores, então é a forma como as partes do sistema vivo estão organizadas que confere estas propriedades emergentes.

Esta maneira de pensar é denominada de organicismo, o qual destaca as características de sistemas ordenados altamente complexos e a natureza histórica dos programas genéticas que evoluíram nos organismos. Os adeptos do organicismo defendem a importância de considerar organismo como um todo, levando em conta que é o programa genético e o desenvolvimento e as atividades dos sistemas orgânicos que emergem em cada nível sucessivamente mais alto de organização, assim é importante observar as partes e as propriedades que emergem a partir da interação dos componentes do organismo nos níveis mais altos de integração.

De acordo com Bass (1994 ), as propriedades emergentes têm como características comuns serem observáveis e surgem por causa do sistema de interações dos objetos de nível inferior. Este mesmo autor argumenta que a emergência de propriedades pode ser formulada nos seguintes termos:

Dado um conjunto  $S1$  de estruturas de primeira ordem, pode-se, por algum tipo de mecanismo observacional  $Obs1(S1)$ , obter ou 'medir' as propriedades de estruturas neste nível. Os elementos de  $S1$  podem ser então sujeitos a uma família de interações,  $Int$ , utilizando-se as propriedades registradas pela observação. Desse modo, obtém-se um novo tipo de estrutura,  $S2 = R(S1, Obs1(S1), Int)$ , onde  $R$  é o resultado do processo de construção. As interações podem ser causadas pela própria estrutura ou impostas por fatores externos.  $Obs$  é relacionado à criação de novas categorias nos sistemas.  $S2$  é uma estrutura de segunda ordem, uma nova unidade cujas propriedades

podem ser agora observadas por um outro mecanismo observacional Obs2, que pode também observar as estruturas de primeira ordem das quais ela consiste. (BASS,1994)

Desta maneira, para compreender a dinâmica dos sistemas vivos, o qual tem níveis hierarquicamente complexos, bem como propriedades que emergem no organismo em virtude de certos tipos de padrões organizacionais, é preciso considerar o todo e a sua relação com as partes, assim como é preciso considerar as partes e as suas relações com o todo (MEGLHIORATTI et al,2009), uma vez que é essa relação que permite a manutenção da organização do sistema. Portanto, a vida pode ser considerada como uma propriedade emergente uma vez que ela não é inerente aos componentes químicos, tais como DNA, RNA, proteínas, carboidratos e lipídios, os quais compõem os seres vivos, mas é uma consequência de sua ação e interação. Emmeche e El-Hani (1999) também argumentam a favor de que a vida é funcional, ou seja dependente das relações entre as partes que não são vivas (moléculas) e o todo (organismo), as quais são responsáveis pela manutenção da homeostase. Isto implica na existência uma espécie de ‘causação ascendente’ (parte -> todo) do conjunto físico de macromoléculas individuais para um todo funcional.

Então, para compreender o transporte de substâncias através da membrana plasmática, e conseqüentemente a homeostase celular, é necessário entender como se dá as interações entre os componentes que compõem a membrana, as propriedades dos solutos, se há ou não moléculas sinalizadoras, atividades metabólicas que são necessárias para que esse transporte aconteça, as quais resultam em propriedades emergentes próprias destes sistemas vivos (BLATT et al., 2014).

## **12 Explicação biológica no ensino de ciências**

A perspectiva organizacional de função e as ideias sobre propriedades emergentes ainda não foram incorporadas ao ensino de ciências. No ensino ainda notamos a divisão da biologia em dois campos e as perguntas geralmente são do tipo “como?” quando se trata da biologia funcional e “por quê?”. Na maioria das vezes estas perguntas são feitas de forma isolada, sendo apenas tratados aspectos funcionais ou aspectos evolutivos de um dado fenômeno. A nossa experiência como professores evidencia que os estudantes, de forma geral, apresentam dificuldades para responder a perguntas que estão relacionadas a causas funcionais. Os resultados obtidos por Abrams e Southerland (2001) corroboram com o nosso conhecimento tácito, visto que os estudantes que participaram do seu estudo tinham uma tendência a redirecionar perguntas do tipo “como?” para respostas do tipo “porquê?”, deixando claro que estes estudantes estão mais familiarizados com questões do tipo por que determinado

organismo tem uma certa estrutura ou comportamento, sem necessariamente considerar o aspecto histórico que implica na ação da seleção natural ou de outros fatores, como deriva genética ou recombinação gênica, para explicar como esse traço surgiu. Estes autores atribuem estes resultados ao fato dos professores enfatizarem no porquê é benéfico para um determinado organismo ter uma adaptação em particular, não endereçando a sua atenção para a explicação de como ela surgiu. Além disso os estudantes se confundem no momento de responder questões que envolvem adaptação dos organismos, uma vez que devem explicar o como e o porquê das causas próximas e o como e o porquê das causas últimas para que haja a compreensão de todo o processo que resultou no sucesso da adaptação apresentada pelo organismo.

No que se refere as explicações funcionais, os resultados obtidos por Carmo e colaboradores (2009) evidenciam que elas predominam nos livros didáticos em conteúdos que são estudados no campo da Biologia Funcional, contudo algumas aparentemente se distanciam de qualquer perspectiva filosófica, principalmente no que se refere a considerar alguns acidentes como função. Além disso, os livros não disponibilizam aos estudantes meios compreendam as relações entre as partes e o todo. O trabalho de Sarmiento e colaboradores (2015) aponta que os estudantes também têm dificuldade para relacionar a estrutura a função. A não compreensão dessas relações dificulta entender que o sistema vivo como um sistema fechado, organizado e auto-mantido, no qual as relações de restrições entre as partes contribuem para produção e manutenção do traço funcional.

Pretendemos com este estudo evidenciar que o uso da FAASLCE, como uma ferramenta de investigação das respostas discursivas dos estudantes, tem a potencialidade de apontar a forma como os estudantes compreendem como relações restritivas entre os níveis mais baixos e níveis mais altos contribuem para produzir e manter a função.



## Capítulo III

### Contexto de pesquisa e procedimentos metodológicos

#### 1 Introdução

Como mencionamos na introdução para avaliar o potencial heurístico da ferramenta FAALSCE, a aplicamos na análise da apropriação da linguagem social da ciência escolar por estudantes ao longo de uma sequência didática sobre membrana plasmática com foco em modelos. Neste capítulo apresentaremos, inicialmente, os pressupostos teóricos-metodológicos que fundamentaram o desenvolvimento e investigação dessa sequência didática, e uma breve descrição de sua aplicação em sala de aula. Após fazermos essa descrição do contexto da pesquisa, faremos uma descrição detalhada do desenvolvimento da metodologia que empregamos no presente trabalho: os critérios de análise utilizados pela FAALSCE, a construção do padrão temático da ciência escolar para difusão facilitada e sinalização celular, utilizando o caso específico da diabetes melitus, as categorias que foram utilizadas para análise e os procedimentos de análise.

#### 2 Contexto da pesquisa

2.1 Referencial teórico metodológico que embasou a construção, aplicação e investigação de uma sequência didática sobre membrana plasmática e modelos

O trabalho de pesquisa que gerou os dados para o presente trabalho, e que tem o título “Como ensinar citologia para alunos do ensino médio e promover uma visão informada da ciência”, foi realizado por Sarmiento (2015), tendo como orientação a seguinte pergunta de pesquisa: quais características de uma sequência didática podem promover compreensão da estrutura e função da membrana plasmática e de características da ciência no contexto da primeira série do Ensino Médio? Buscou-se responder a esta pergunta por meio de estudo de desenvolvimento (NIEVEEN et al., 2006), orientado pelo referencial teórico-metodológico da *educational design research* (pesquisa de *design* educacional).

Estudos desta natureza têm como objetivo resolver problemas complexos da prática educacional, por meio de pesquisa sistemática que permita a construção e validação de princípios de *design* de inovações educacionais que possam ser aplicadas em contextos diferentes. Para tanto, são realizadas avaliações e aplicações de protótipos diferentes da mesma

inovação educacional, por meio de ciclos iterativos de investigação, a cada um dos quais é aumentando o número de participantes, isto é, de professores e estudantes.

A *educational design research* apresenta três fases: (1) preliminar; (2) prototipagem e (3) avaliação. Na primeira fase, ocorre o planejamento da intervenção, com base numa revisão de literatura e no saber docente. Nesta fase são estabelecidos os primeiros princípios de *design*, que são definidos como resultados teóricos da pesquisa, fazendo parte de uma teoria de ensino específica para dado domínio. Na fase preliminar, também ocorre a construção da inovação educacional e dos instrumentos de coleta de dados, assim como a produção do material instrucional que será usado nas aulas da sequência. Na segunda fase, os princípios de *design* são refinados, por meio da avaliação formativa, ao longo de sucessivos ciclos de prototipagem da inovação educacional e com um número de participantes da pesquisa cada vez maior, em diferentes contextos educacionais. Entre outras estratégias, essa avaliação se dá por meio da comparação entre as vias de aprendizagem pretendidas com a implementação da intervenção e as vias de aprendizagem efetivamente realizadas em sala de aula, possibilitando a validação interna dos princípios de *design*. A fase de avaliação, também chamada de semi-somativa, serve para concluir se a intervenção, depois de várias iterações, satisfaz as especificações pré-determinadas. Essa fase também resulta em recomendações para melhorar a intervenção. É importante ressaltar que a pesquisa realizada por Sarmiento (2015), construiu, testou e analisou apenas o primeiro protótipo de uma sequência didática (SD), não sendo possível, no trabalho da autora, desenvolver a fase de avaliação.

Foram quatro os princípios de *design* que orientaram o planejamento da SD desenvolvida por Sarmiento (2015), que foram enunciados segundo a formulação proposta do Grupo Colaborativo de Pesquisa em Ensino de Ciências (GCPEC)<sup>4</sup>, adaptada da formulação de Van den Akker (1999)<sup>5</sup>. Assim, temos a seguinte fórmula para a enunciação dos princípios de *design*: se você deseja construir uma intervenção X para o propósito/função Y em um contexto Z, é aconselhável (1) Adotar a característica A, para o propósito/função y1, realizando o procedimento K, em razão do argumento P. (2) Adotar a característica B, para o propósito/função y2, realizando o procedimento L, em razão do argumento Q. (3) Adotar a

---

<sup>4</sup> O GCPEC é coordenado pela Profa. Claudia Sepulveda no Departamento de Educação da UEFS

<sup>5</sup> “Se você deseja construir uma intervenção X para o propósito/função Y em um contexto Z, então é aconselhável prover esta intervenção das características A, B e C [ênfase substantiva], e a fazer isso por meio dos procedimentos K, L e M [ênfase procedimental], em razão dos argumentos P, Q e R”. Van den Akker (1999).

característica C, para o propósito/função y3, realizando o procedimento M, em razão do argumento R. Assim, tem-se a seguinte formulação dos princípios:

Seguindo esta formulação, Sarmiento et al (2015) propôs que para construir uma sequência didática que promovesse a aprendizagem sobre membrana plasmática e a compreensão de características da ciência no contexto da primeira série do Ensino Médio, deveríamos provê-las das seguintes características:

(1) O enfoque em modelos para promover compreensão do processo de construção do conhecimento científico, implementado por meio de uma abordagem explícita sobre características da ciência. As razões para adotar tais características foram a necessidade de incorporar elementos da Filosofia da ciência aos conteúdos abordados em sala de aula para um ensino mais reflexivo sobre ciência; as indicações da literatura em ensino de ciências de que a abordagem explícita tem maior sucesso na melhoria concepções dos estudantes sobre características da ciência do que a abordagem implícita.

(2) O enfoque na construção de modelos históricos de membrana plasmática, com objetivo de contextualizar o ensino e promover aprendizagem de modelos explicativos sobre a estrutura e função da membrana, além de apresentar uma ciência mais humanizada, para promover aulas mais reflexivas, pois tratam de forma contextualizada os conceitos científicos, tratando dos contextos sociais e culturais nos quais foram produzidos e considerando a problemática, as possibilidades e os limites da ciência.

(3) Utilização de textos de divulgação científica, pois tem o potencial de aumentar o nível de engajamento dos alunos nas aulas por despertar a curiosidade dos estudantes e contextualizar os conceitos científicos.

(4) O processo coletivo e cooperativo, uma vez que é uma escolha metodológica tomar como pressuposto para a construção da sequência didática a perspectiva sociocultural de aprendizagem, que defende que a construção dos conceitos no plano social da sala de aula é mediada pela linguagem.

## 2.2 Sequência didática

O primeiro protótipo da SD sobre membrana plasmática foi construído em colaboração com os integrantes do CoPPEC – Grupo Colaboração em Pesquisa e Prática do Ensino de

Ciências. Sua implementação foi conduzida por professores-pesquisadores integrantes deste grupo colaborativo. A SD foi aplicada no contexto real de ensino na disciplina de biologia, em 10 turmas da primeira série do EM de uma escola pública do município de Salvador no estado da Bahia.

A SD foi planejada para ser aplicada em 12 horas-aula do cronograma escolar, sendo 3 horas iniciais dedicadas à introdução sobre modelos científicos e as 9 horas restantes voltadas para uma abordagem sobre membrana plasmática contextualizada histórica e filosoficamente. Na primeira aula, houve uma discussão sobre modelos, tendo como objetivo educacional a análise da relação entre teoria, modelo e realidade e a discussão sobre atividades de idealização e abstração na ciência. Na segunda aula, foi dada continuação a discussão sobre o papel dos modelos na construção do conhecimento científico e apresentação dos tipos de modelos de acordo com a sua natureza e seu processo de construção. Na terceira aula, foi realizada uma atividade com o jogo *Célula Adentro*<sup>6</sup> para tratar da dinâmica da produção de modelos e iniciar discussões sobre construção e refinamento de modelos de membrana. Na quarta aula, foi realizada pelos estudantes, em grupo, a atividade de leitura de textos, desenvolvidos pelos professores, sobre modelos de membrana. Além disso foi dada uma tarefa aos estudantes de construir uma apresentação sobre cada um dos modelos de membrana que foi socializada com os colegas no decorrer da quinta aula. Na sexta aula, foi abordada a construção histórica dos modelos de membrana, examinada sua composição química. Os modelos de transporte de substâncias através da membrana foram apresentados na sétima e na oitava aulas. Na nona aula ocorreu uma atividade de avaliação. E por fim, na décima e na décima primeira aulas foram discutidas as relações entre estrutura e função da membrana. Vale ressaltar que a sexta, a sétima, a oitava e a décima aulas foram realizadas por meio de exposições dialogadas. Na décima-segunda aula, os alunos fizeram a leitura de um texto de divulgação científica publicado na revista FAPESP, “Fronteiras fluidas: propriedades elásticas da membrana variam segundo o tipo e a função da célula” (ZORZETTO, 2013), seguida de uma discussão aberta para toda turma acerca da plasticidade da membrana.

### 2.3 Investigação da sequência e Aplicação da Ferramenta de Análise de Apropriação da Linguagem Social da Ciência e Escolar

No estudo de Sarmiento (2016), buscou-se investigar o primeiro protótipo da sequência e validar os princípios de design que lhe deram origem. Para tanto foram coletados dados que

---

<sup>6</sup> Disponível em: <<http://celulaadentro.ioc.fiocruz.br>>

permitissem avaliar quais objetivos educacionais foram alcançados, cumprindo as expectativas com as características providas a sequência. Para tanto foram produzidos diferentes informações e dados a partir de filmagens das atividades realizadas em sala de aula, e cadernos de campo escritos por professores-pesquisadores, questionários aplicados aos estudantes antes, durante e ao final da intervenção.

Para este trabalho interessa-nos particularmente as filmagens em sala de aula e as respostas às questões abertas do questionário que foi aplicado ao final da intervenção, em especial a questão sobre sinalização celular e transporte. É com base nos registros e dados produzidos por estes dois instrumentos que aplicamos a ferramenta FAALSE na análise da apropriação pelos estudantes da linguagem social escolar no campo da biologia funcional, tendo como caso, os modelos de transporte de substância pela membrana plasmática.

O referido questionário, encontrava-se estruturado 16 questões fechadas que enfocavam a aprendizagem conceitual sobre membrana e a construção de uma visão informada da ciência, divididas em oito grupos de duas questões que eram precedidos de um texto que designamos de cenário. Além dessas questões, havia uma abertas que tratava do tema da relação estrutura e função da membrana plasmática, contextualizando-o por meio de um cenário que versava sobre diabetes melitus. São as respostas a essa questão que nos fornece os dados para a análise da apropriação da linguagem escolar pelos alunos, Após apresentação do cenário (Ver anexo), era solicitado ao estudante que respondesse a três itens:

(a) Algumas moléculas que fazem parte da estrutura da membrana permitem que substâncias como a glicose possam atravessá-la. Quais são as moléculas que desempenham esse papel?

(b) Qual a configuração organizacional que essas moléculas assumem na estrutura da membrana?

(c) Explique o transporte da glicose através da membrana para o meio intracelular, na presença da insulina. Use as seguintes palavras-chave para construir o texto da sua resposta: célula, membrana plasmática, proteínas receptoras, proteínas integrais, reconhecimento de substâncias, regulação do metabolismo, difusão facilitada, permeabilidade seletiva.

O nosso objeto de estudo constitui os textos produzidos pelos estudantes, como respostas ao item c, o qual aborda o conteúdo sobre sinalização e transporte celular, com enfoque no papel da estrutura e função da membrana plasmática na realização destes processos, As palavras-chave servem de apoio, espera-se que os estudantes as usem como um instrumento mobilizem cognitivamente as conexões entre os conceitos que foram disponibilizadas no plano intramental, direcionando, assim, a elaboração do texto.

Como essas palavras constituem conceitos chaves para o campo em questão, o modo como são utilizadas nas explicações dos estudantes, o significado que as atribuem, e as relações semântica que estabelecem entre elas, nos permitem fazer inferências sobre a apropriação da linguagem social da ciência escolar, ao aplicarmos uma ferramenta como a FAALSCE.

A filmagem das interações discursivas em sala de aula, por sua vez, nos fornece informações de como a linguagem social da ciência escolar foi disponibilizada no plano social da sala de aula a fim de que conheçamos como foram estabelecidas as relações semânticas acerca do tema em sala de aula. Por meio dessas informações podemos construir um parâmetro a partir do qual avaliamos o uso da linguagem da ciência escolar pelos estudantes em sua produção textual, como explicaremos melhor nas seções , a seguir.

### **3 Critérios seleção dos textos dos estudantes para análise e amostragem**

A amostra foi composta por textos produzidos por 78 estudantes das 5 turmas da disciplina biologia do 1ºano do ensino médio, que participaram da sequência didática investigada no estudo de Sarmiento (2016). Estas cinco turmas foram escolhidas porque todas as aulas foram filmadas e para análise e discussão dos dados precisávamos do conhecer o discurso disponibilizado no espaço social da sala de aula.

Frequentavam essas turmas 110 estudantes, mas por ser uma questão discursiva, e eles não estarem acostumados com esse tipo de questão em provas, 32 estudantes não responderam a questão, por isso foram excluídos da amostra, o que justifica que a amostra tenha sido composta por 78 textos.

### **4 Aspectos estruturantes da FAALSCE .**

Para a construção da FAALSCE foram adotados três aspectos da apropriação da linguagem da ciência escolar, a saber: (1) o domínio da linguagem social da ciência escolar, (2) uso conceitual dos termos e a (3) resignificação (Sepulveda et. al., 2011). O domínio da linguagem social da ciência escolar será analisado por meio da identificação do uso de referentes teóricos e de características estilísticas próprias da linguagem social da ciência escolar em enunciados escritos pelos estudantes. Tal aspecto se baseia em duas noções da teoria enunciativa da linguagem de Bakhtin discutidas no capítulo anterior, a noção de linguagem social – discurso peculiar a um estrato social específico (profissional, etário etc.) –, e de gêneros

de discurso - tipos, relativamente estáveis de enunciados que são invocados pelos falantes em função das situações sociais de comunicação verbal. Segundo essa perspectiva, os indivíduos, ao construírem seus enunciados, sempre utilizam uma linguagem social, a qual modela e restringe a sua fala. A partir desta posição teórica, tomamos como pressuposto metodológico que haverá padrões de organização na heterogeneidade do uso da linguagem nos textos dos estudantes.

Na sala de aula convivem pelo menos duas linguagens sociais: a linguagem social da ciência escolar e a linguagem cotidiana. Cada uma dessas linguagens tem características estilísticas próprias. Lemke (1997, p. 132-133) fez um levantamento de normas estilísticas próprias da linguagem científica, com base em episódios de interações discursivas em sala de aula. As normas por ele identificadas são: (1) construir enunciados na forma de proposições que sejam mais universais e verbalmente explícitas quanto possível; (2) evitar linguagem coloquial; (3) usar termos técnicos em lugar de expressões coloquiais sinônimas ou paráfrases; (4) evitar personificação, atribuição de qualidades essencialmente humanas, ou ações humanas para descrever entidades e processos naturais; (5) evitar linguagem metafórica ou figurativa que envolva expressões cômicas ou palavras carregadas de valor e emoção; (6) evitar sensacionalismos; (7) evitar a referência a personalidades humanas individuais e seus feitos; (8) fazer uso de explicações causais em detrimento de narrativas e abordagens dramáticas que envolvam suspense e mistério, incluindo diálogos.

Durante a sequência não houve uma abordagem específica em prol de desenvolver a habilidade no estudante de escrever de acordo com as normas estilísticas da ciência, além disso, é notória a dificuldade dos estudantes em interpretar e escrever textos acadêmicos. Por isso, selecionamos dentre estas normas, aquelas que julgamos mais importantes para o nosso propósito, que seriam a primeira, segunda, terceira e a quarta, que tratam, especificamente, de construir enunciados universais e verbalmente explícitos, evitar linguagem coloquial, usar termos técnicos, e evitar personificação para descrever entidades e processos naturais, respectivamente.

Outra característica importante da linguagem científica é que, para falar sobre os fenômenos naturais, de acordo com Mortimer e Scott (2003), frequentemente, são usados três tipos de enunciados: descrição, explicação e generalização. A descrição diz respeito a enunciados que tratam de um sistema, objeto ou fenômeno abordando somente seus constituintes ou dos deslocamentos espaços-temporais desses constituintes. As explicações

ocorrem quando são utilizados modelos teóricos ou mecanismos que permitam dar conta de fenômenos e sistemas específicos. A generalização é alcançada quando os enunciados que se referem a descrições e explicações se tornam independentes de um contexto específico. As descrições, explicações e generalizações, segundo Mortimer e Scott (2003), podem ser empíricas, caso elas sejam aplicadas a referentes diretamente observáveis, ou teóricas quando se aplicam a referentes que não são diretamente observáveis, sendo produzidos por meio do discurso teórico da ciência.<sup>7</sup> Segundo estes parâmetros, um indicativo de que o estudante se apropriou e usa com fluência a linguagem social da ciência pode ser observado quando, para falar de um fenômeno natural, além de descrições, ele elabora também explicações e generalizações, em particular quando utiliza referentes teóricos com maior frequência do que referentes empíricos. Esta forma de falar se opõe a tendência de particularização característica da linguagem cotidiana, revelando que o estudante se apropriou do caráter abstrato e generalizante da linguagem da ciência. Por isso, em cada texto dos estudantes foi observado os tipos de enunciados, bem como a frequência do uso dos referentes teóricos.

O uso conceitual dos termos diz respeito à análise do uso de referentes teóricos buscando identificar se estes estão sendo usados de forma consciente, generalizada e abstrata. Este critério está baseado na análise de Vygotsky (2001) acerca do emprego funcional da palavra no desenvolvimento do pensamento conceitual. O estudante pode utilizar um termo científico: (1) de forma nominativa ou indicativa, (2) como um “instrumento de pensamento” ou (3) de forma significativa ou semântica ( Sepulveda et, al., 2011) . No primeiro caso, o estudante emprega o termo para uma finalidade apenas de comunicação, para dar nome a um processo ou uma entidade. Este uso do termo evidência, segundo a análise de Vygotsky (2001), uma operação intelectual que é realizada no pensamento por complexos, que é a fase genética que antecede o pensamento conceitual. O estágio intermediário é considerado quando o estudante uso o termo como um “instrumento de pensamento” (Lotman, 1998 apud Wertsch, 1991, p.74), operação que consiste em usar um termo cujo o significado ainda não foi completamente compreendido, de modo hesitante e não restritivo para tentar preencher uma lacuna e resolver um problema. Quando o estudante usa a palavra de forma discriminada e

---

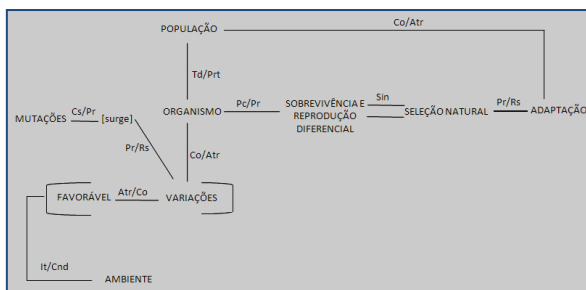
<sup>7</sup> Há problemas epistemológicos nesta distinção entre o que é empírico e o que é teórico com base na possibilidade da observação direta (ver, por exemplo, VAN FRAASSEN, 1980; HACKING, 1983). Este não é o espaço, contudo, para estendermos esta discussão. Entretanto, estes problemas de cunho filosóficos não interferem na avaliação deste critério, pois a todo momento no plano social da sala de aula de Biologia o professor e os estudantes fazem descrições a fim de falar sobre as partes que compõem as estruturas biológicas, bem como explicando a função que essas estruturas desempenham.



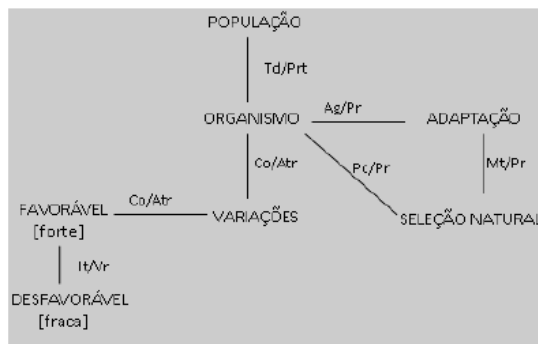
consciente para interpretar e resolver problemas, está fazendo uso da palavra de forma significativa ou semântica.

Para avaliar o critério relacionado à ressignificação foi observado se o estudante utiliza as suas próprias palavras para “falar ciência”. Para tanto, a FAALSCE prevê analisar de forma sistemática se o discurso ressignificado pelo aluno é condizente com o discurso da ciência escolar, comparando-se o padrão temático do discurso ressignificado dos estudantes com o padrão temático do discurso da ciência escolar. As figuras 1 e 2, retiradas de Sepulveda et al. (2011) apresentam diagramas temáticos, representações gráficas do padrão temático, do modo de falar sobre o mesmo fenômeno, a mudança adaptativa de uma população, na linguagem social da ciência escolar e no discurso de um estudante. Ao compará-los, é possível identificarmos quais relações semânticas presentes no modo de falar da ciência escolar são preservadas no texto do estudante – neste caso, por exemplo, a relação de todo e parte entre população e organismo, ou a relação atributiva entre variações e favoráveis – e quais são divergentes, como a relação entre organismo e adaptação

Como dito anteriormente, o diagrama temático (Lemke,1997) representa graficamente o padrão temático de qualquer discurso sobre um tema científico. Sua construção é orientada pelos seguintes passos: (1) identificação dos itens temáticos; (2) construção das relações semânticas estabelecidas entre cada termo, ou seja, determinação de como os significados de duas palavras estão relacionados quando ambas são usadas para falar de um tema em particular (a exemplo do par Agente (Ag)/Processo (Pr) ligando organismo à adaptação na Figura 2); e (3) conexão entre o conjunto de relações semânticas num padrão temático.



**Figura 1: Padrão temático da explicação da ciência escolar para mudança adaptativa de uma população.**



**Figura 2: Padrão temático de narrativa explicativa para resistência de pragas a inseticidas, apresentada por estudante em resposta escrita.**

## 5 Procedimentos de análise

Foi construída uma planilha que contemplava os seguintes aspectos da apropriação da linguagem social da ciência escolar, a serem analisados para cada um dos textos produzidos pelos alunos: (1) relações semânticas estabelecidas; (2) ressignificação; (3) uso dos termos; (4) domínio da linguagem social da ciência escolar; (5) tipo de enunciado.

O texto foi lido várias vezes a fim de detectar a presença das relações semânticas tanto corretas quanto incorretas. Para o preenchimento da planilha foi usada uma codificação binária, sendo que 1 correspondia a presença da relação semântica no texto do aluno e 0 a ausência. A figura 4 exemplifica como a tabela foi construída e a forma como foi alimentada. É importante salientar que a tabela era composta por todas as hierarquias e as suas respectivas relações semânticas, no entanto, por uma questão de espaço, na imagem apresentamos apenas as relações semânticas da categoria básica. Além disso, elaboramos uma lista com todas as relações corretas que encontramos nos textos dos alunos, apesar de não constar no padrão temático do discurso do professor. Para avaliar tais relações usamos como base textos referentes a esse conteúdo presentes nos livros didáticos e em livros acadêmicos.

Foi criada uma planilha, em que nas colunas foram inseridas todas as relações semânticas corretas presentes no discurso do professor em sala de aula, as quais compõem o diagrama temático tomado como parâmetro da ciência escolar apresentado na figura 3, e nas linhas encontravam-se todos os alunos que participaram da pesquisa.

					BÁSICAS				
					1- Célula - Td/Pr - Membrana plasmática	2-Membrana plasmática - Td/Pr - Proteína integral	3- Proteína integral - C/IMb - Proteínas receptoras	4- Proteína integral - C/IMb - Proteínas transportadora	6- Membrana plasmática - Ag/Pr - Transporte de substâncias
INOS	NOME	TURMA	Professor	Gênero					
1	GILBERT		1	1 M			1		
2	JADE		1	1 F					
3	MAIARA		1	1 F			1		
4	SUELEN		1	1 F			1		
5	TAINÉ		1	1 F					
7	CRISTIAN		1	1 M					
8	Gabriel		1	1 M					
9	Vinicius		1	1 M		1			
10	Maiara Thiago		1	1 F			1		
11	Rodrigues		1	1 M					
12	Alisson		1	1 M					

Figura 4: Exemplo de como foi construída e alimentada a tabela para análise.

A fim de analisar a ressignificação usamos como premissa o conceito de Bakhtin (2011) de compreensão dialógica, ou qual pressupõe que qualquer processo de compreensão ou significação é dialógico por natureza e um indício de que houve compreensão do discurso alheio é o fato de o indivíduo conseguir povoar o discurso a ser compreendido com o seu próprio discurso (ou, nos termos de Bakhtin, oferecer-lhe contrapalavras). Tendo em vista esta perspectiva de compreensão, o discurso dos estudantes mostrará indícios de apropriação das idéias científicas se eles forem capazes de dizer tais idéias em enunciados povoados por sua própria linguagem e perspectiva. Segundo esta perspectiva, utilizar as próprias palavras para falar sobre determinado assunto é uma evidência de que o falante aprendeu. Para esta análise, estabelecemos duas subcategorias: ressignificou, para a qual foi atribuído o escore 1, e não ressignificou, para a qual era atribuído escore 0.

Com relação ao uso do termo, observou-se no texto a quantidade de termos que eram usados além das palavras chave que foram oferecidas para a construção do texto. Estabelecemos que o escore seria dado da seguinte maneira: o uso entre um a três termos seria equivalente ao escore 1; o uso de três a cinco termos corresponderia ao escore 1,5 e o uso de mais de cinco termos equivaleria ao escore 2.

Analizamos, também, as três categorias estabelecidas por Sepulveda e colaboradores (2011) para o uso do termo. O uso nominal do termo correspondeu ao escore 1, o uso como instrumento de pensamento atribuímos o escore 1,5 e para o uso conceitual foi estabelecido o escore 2.

Para o aspecto referente a estilística própria a linguagem ciência escolar selecionamos, como foi dito anteriormente, quatro das oito características elencadas por Lemke (1997), a saber, construir enunciados universais e verbalmente explícitos, evitar linguagem coloquial, usar termos técnicos e evitar personificação para descrever entidades e processos naturais. A cada uma delas foi atribuído o escore binário, 1 caso fosse observada na linguagem escrita do estudante essa norma e o escore 0 se o estudante contrariasse este padrão em seu texto.

No que se refere ao tipo de enunciado, como a pergunta foi sobre um caso particular o processo de sinalização promovido pela insulina e o transporte da glicose, nos limitamos a investigar se no texto há descrição, explicação ou ambas, sendo que para a presença foi atribuído o escore 1 e para a ausência o escore 0 para cada uma delas. O somatório desses escores gera um escore geral que nos permite categorizar os estudantes com relação a apropriação da linguagem da ciência escolar.

Foi realizada, também, uma análise qualitativa, em busca de categorizar os alunos conforme o que foi aprendido com relação ao conteúdo de sinalização e transporte de substâncias (glicose), com o objetivo de comparar as expectativas de aprendizagem e o que de fato o estudante se apropriou. Com intuito de demonstrar que um dos potenciais da FAALSCE é construir uma ponte entre o ensino e a aprendizagem, podendo funcionar como uma ferramenta para a avaliação de estudos de desenvolvimento, pois é possível observar claramente a partir da comparação entre as relações semânticas estabelecidas na linguagem da ciência escolar e aquelas presente no texto dos estudantes, quais os objetivos pedagógicos não foram alcançados, o que faz refletir acerca do que deve ser modificado nos outros protótipos.

Para esta análise qualitativa definimos categorias de classificação dos textos dos estudantes, na tentativa de encontrar padrões de respostas que sinalizasse possíveis graus de apropriação da linguagem da ciência escolar. Definimos as categorias com base num diálogo com a literatura sobre o conceito de função e na observação dos padrões de respostas dos estudantes, em termos das relações semânticas estabelecidas corretamente, sendo o critério de julgamento a comparação entre o padrão temático estabelecido pelo estudante e o padrão temático da ciências escolar. Foram estabelecidas 7 categorias: (1) estrutural; (2) atributo da membrana; (3) função das estruturas da membrana; (4) estrutura da célula; atributo da membrana e função das estruturas da membrana; (5) sinalização; (6) transporte de substâncias (7) sinalização e transporte e (8) não estabeleceu as relações semânticas corretamente.

## **Capítulo IV**

# **Adequação da FAALSCE para análise de um tema da Biologia Funcional**

### **1 Construção do padrão temático para difusão facilitada e sinalização celular, utilizando o caso da diabetes como exemplo.**

Como podemos concluir da seção anterior, para aplicarmos a FAALSCE, é preciso termos um padrão temático que represente o modo de falar da linguagem social da ciência escolar do tema científico em questão, que sirva de parâmetro para avaliarmos se e o quanto o aluno preserva esse modo de falar ao ressignificar a perspectiva da ciência escolar.

A seguir descrevemos o procedimento que usamos para construir esse padrão, no caso específico desse estudo, referente ao modo de falar sobre o processo de difusão facilitada pela membrana.

#### **1. 1 Construção do padrão temático da ciência escolar**

O padrão temático da ciência escolar para o processo da difusão facilitada foi construído, inicialmente, usando livros didáticos de Biologia do Ensino Médio e livros do ensino superior. Os livros do Ensino Médio consultados foram os livros didáticos aprovados para Biologia no PNLD de 2013. Foram também consultados os seguintes manuais do ensino superior Nelson; Cox ( 2005) Lodish e colaboradores (2005) e Purves e colaboradores ( 2010).

A busca nos livros didáticos foi realizada com base no assunto, no caso pesquisamos o tema transporte de substâncias (difusão facilitada) e o processo de sinalização. Nem todos os livros do Ensino Médio tratavam sobre o processo de sinalização, a maioria apenas comentava, quando apresentavam o exemplo do transporte de glicose, no qual o reconhecimento insulina por proteínas receptoras desencadeia processos metabólicos na célula que culminam no transporte da glicose. Além disso, com intuito de integrar os aspectos filosóficos e epistemológicos relativos a abordagem organizacional do conceito de função biológica (Mossio et al,2009) para a elaboração do padrão temático buscamos estes temas nos livros acadêmicos. Com isso objetivamos que o padrão temático da ciência escolar apresentasse uma descrição do sistema, evidenciando a sua organização diferencial, assim como contivesse a explicação de como o reconhecimento e o transporte de substâncias realizados pela membrana plasmática contribuem para a organização do sistema, bem como indicasse os processos regulatórios que constroem a expressão da função.

Inicialmente, construímos um texto que serviu de parâmetro para a construção do padrão temático que abordava a membrana plasmática de forma geral, enfocando tanto aspectos estruturais e funcionais, como relações entre esses aspectos (relação estrutura função). O padrão temático construído

a partir desse texto foi utilizado para o planejamento das aulas, sendo que a expectativa da professora era que os estudantes conseguissem, ao final da sequência, construir um padrão semelhante quando solicitados a falar sobre o tema membrana plasmática. O texto construído teve a seguinte redação:

O envoltório celular presente em todos os tipos de células é denominado membrana plasmática, fina película lipoprotéica que delimita a célula e controla o trânsito de substâncias entre os meios intracelular (citossol) e extracelular, permitindo o transporte de certas substâncias, mas impedindo o transporte de outras (permeabilidade seletiva). Esta propriedade da membrana, denominada de permeabilidade seletiva, contribui para a manutenção da composição química do meio intracelular diferente da composição do meio extracelular, mantendo assim o meio celular interno adequado à vida. Segundo o modelo do mosaico fluido, proposto por Singer e Nicolson em 1972, a membrana plasmática é formada principalmente por fosfolipídios nos quais se encontram proteínas incrustadas, como um mosaico molecular em constante modificação (equilíbrio dinâmico). Os fosfolipídios apresentam uma região polar (hidrofílica) e uma região apolar (hidrofóbica). Essa característica dos fosfolipídios possibilita que eles se arrumem espontaneamente na membrana, formando uma dupla camada. Esta impede a passagem, através da membrana, de substâncias solúveis em água e de compostos iônicos, mas é permeável a pequenas moléculas lipossolúveis (difusão simples). A maioria das proteínas presentes na membrana fica mergulhada na dupla camada de fosfolipídios, mantendo contato com a parte hidrofóbica da dupla camada de lipídios, e são denominadas de proteínas integrais. Outras proteínas, denominadas de proteínas periféricas, não ficam mergulhadas na dupla camada, mas aderidas à extremidade das proteínas integrais ou aos grupos polares dos fosfolipídios. As proteínas presentes na membrana plasmática apresentam funções importantes. As proteínas receptoras fazem o reconhecimento de substâncias que desencadeiam processos do metabolismo celular e as proteínas transportadoras fazem o transporte de substâncias através da membrana (difusão facilitada e transporte ativo). Além disso a membrana plasmática apresenta certas moléculas de açúcares, formando o glicocálix, estrutura capaz de exercer a função de reconhecimento celular (glicolipídios e glicoproteínas) e adesão celular (glicoproteínas).

A partir desse texto padrão, estabelecemos os itens temáticos (conceitos pertinentes ao tema membrana plasmática) e as relações semânticas entre eles. Essas relações constituem uma generalização das diferentes formas gramaticais de expressar como os significados de duas ou mais palavras se relacionam entre si. Lemke (1997) apresenta uma lista de relações semânticas mais comuns e o modo como são nomeadas em diferentes teorias semânticas e gramaticais a exemplo das relações nominativas, taxonômicas, transitivas e circunstanciais. As relações semânticas são apresentadas nos diagramas temáticos na forma de pares que descrevem o papel que cada um dos dois itens desempenha na relação. A abreviação antes da barra (/) consiste no papel desempenhado pelo primeiro termo da relação, seguida do papel desempenhado pelo segundo termo.

Os itens temáticos selecionados para a construção das relações semânticas foram os seguintes: (1) célula, (2) membrana plasmática, (3) lipoprotéica, (4) proteína integral, (5) proteína periférica, (6) proteínas receptoras, (7) proteínas transportadoras, (8) bicamada fosfolipídica, (9) glicolipídios, (10) glicoproteínas, (11) permeabilidade seletiva, (12) transporte

de substâncias, (13) equilíbrio intracelular, (14) reconhecimento celular, (15) adesão celular, (16) reconhecimento de substâncias, (17) regulação do metabolismo, (18) transporte ativo, (19) permeabilidade seletiva, (20) difusão simples e (21) difusão facilitada. Definidos os itens temáticos, estabelecemos então as relações semânticas<sup>8</sup> que eles fazem entre si dentro do texto padrão. São elas:

Célula – Td/Prt – Membrana plasmática  
 Membrana plasmática – Ag/Pr – [delimita] – Pr/Pc Célula  
 Membrana plasmática – Co/At – Lipoprotéica  
 Membrana plasmática – Td/Prt – Proteína integral – Ag/Pr – Transporte ativo  
 Membrana plasmática – Td/Prt – Proteína integral – Ag/Pr – Difusão facilitada  
 Membrana plasmática – Ag/Pr – Transporte de substâncias  
 [Membrana plasmática – Td/Prt – Proteína integral – Ag/Pr – Transporte ativo] Cs/Cq [Membrana plasmática – Ag/Pr – Transporte de substâncias]  
 [Membrana plasmática – Td/Prt – Proteína integral – Ag/Pr – Difusão facilitada] Cs/Cq [Membrana plasmática – Ag/Pr – Transporte de substâncias]  
 [Membrana plasmática – Td/Prt – Bicamada fosfolipídica – Co/At – Permeável a pequenas moléculas lipossolúveis] Cnd/It – Difusão simples  
 Membrana plasmática – Co/At – Permeabilidade seletiva  
 Permeabilidade Seletiva – Cs/Cq – Equilíbrio intracelular  
 Membrana plasmática – Td/Prt – Glicolipídios  
 Glicolipídios – Ag/Pr – Reconhecimento celular  
 Membrana plasmática – Td/Prt – Glicoproteínas  
 Glicoproteínas – Ag/Pr – Reconhecimento celular  
 Glicocalix[AC5] – Ag/Pr – [faz] – Pr/Rs – Reconhecimento celular  
 Glicoproteínas – Ag/Pr – Adesão celular  
 Proteínas receptoras – Ag/Pr – Reconhecimento de substâncias  
 Reconhecimento de substâncias – Cnd/It – Regulação do Metabolismo  
 Glicocalix – Ag/Pr – [faz] – Pr/Rs – Reconhecimento celular

Depois de construir o texto parâmetro para a construção do padrão temático geral para membrana, construímos um padrão temático da ciência escolar para difusão facilitada e sinalização celular usando o metabolismo da glicose e o caso da diabetes como exemplo. O texto construído teve a seguinte redação:

A **membrana plasmática** é uma estrutura que delimita a célula e que tem como característica a **permeabilidade seletiva**, é capaz de fazer o **transporte de substâncias**, tais como a glicose. A **regulação do metabolismo** da glicose depende do **reconhecimento de substâncias** (hormônio insulina) que é promovido pela presença de **proteínas receptoras** na membrana plasmática. Para que ocorra a entrada de glicose na célula, proteínas receptoras presentes na membrana ligam-se ao hormônio insulina promovendo processos do metabolismo celular, os quais ativam **proteínas integrais** da membrana que têm a função de transportar a glicose, **à favor do gradiente de concentração**, por **difusão facilitada**. ( em negrito, destacam-se os itens temáticos)

<sup>8</sup> Para facilitar o entendimento colocamos a seguir o significado de cada par semântico que aparece no padrão temático: Td/Prt (todo/parte); Co/At (coisa/atributo); Pr/Pc (processo/paciente); Pr/Rs (processo/resultado); Cs/Pr (causa/processo); Sin (sinônimo); It/Cnd (Item condicionado/Condição); Cs/Cq (causa/consequência).

A partir do texto padrão, estabelecemos os itens temáticos e as relações semânticas entre eles. Os itens temáticos selecionados para a construção das relações semânticas foram os seguintes: (1) célula, (2) membrana plasmática, (4) proteínas receptoras, (4) proteínas integrais, (5) reconhecimento de substâncias, (6) regulação do metabolismo, (7) difusão facilitada, (8) permeabilidade seletiva, (9) transporte de substâncias. Definidos os itens temáticos, estabelecemos então as relações que eles fazem entre si dentro do texto padrão. São elas<sup>9</sup>:

Célula – **Td/Prt** – Membrana plasmática  
 Membrana plasmática – **Td/Prt** – Proteína integral  
 Proteína integral – **CI/Mb** – Proteínas receptoras  
 Proteína integral – **CI/Mb** – Proteínas transportadora  
 Proteínas receptoras – **Ag/Pr** – Reconhecimento de substâncias  
 Membrana plasmática – **Ag/Pr** – Transporte de substâncias  
 Membrana plasmática – **Td/Prt** – Proteína integral – **Ag/Pr** – Difusão facilitada  
 [Membrana plasmática – **Td/Prt** – Proteína integral – **Ag/Pr** – Difusão facilitada] **Cs/Cq** [Membrana plasmática – **Ag/Pr** – Transporte de substâncias]  
 Membrana plasmática – **Co/At** – Permeabilidade seletiva  
 Proteína transportadora – **Pc/Pr** – Ativação  
 [Proteína transportadora – **Pc/Pr** – Ativação] – **Cs/Cq** - [Membrana plasmática – Td/Prt – Proteína integral – **Ag/Pr** – Difusão facilitada]  
 [Proteínas receptoras – **Ag/Pr** – Reconhecimento de substâncias] – **Cs/Cq** – [Proteína transportadora – **Pc/Pr** – Ativação]  
 Transporte de substâncias – **Pr/Mo** – À favor do gradiente de concentração  
 [Transporte de substâncias – **Pr/Mo** – À favor do gradiente de concentração] – **CI/Mb** – Difusão facilitada  
 {[Proteínas receptoras – **Ag/Pr** – Reconhecimento de substâncias] – **Cs/Cq**  
 – [Proteína transportadora – **Pc/Pr** – Ativação]} – Sin – Sinalização  
 {[Proteínas receptoras – **Ag/Pr** – Reconhecimento de substâncias] – **Cs/Cq**  
 – [Proteína transportadora – **Pc/Pr** – Ativação]} – **Cnd/It** – Regulação do Metabolismo

1.2. Construção do padrão temático representativo da linguagem da ciência escolar disponibilizada em sala de aula

Os textos acima e as relações semântica que deles extraímos foram usados como padrão do discurso da ciência escolar no âmbito e para fins do planejamento de ensino. Foi a partir deles que as aulas foram planejadas pela professora-pesquisadora, que tinha a intenção de construir estes padrões temáticos ao longo e por meio das interações discursivas em sala de aula e pela mediação dos recursos didáticos que elaborou e aplicou em sala de aula (ver Sarmiento, 2016).

No entanto, no âmbito do CoPPEC concluímos que para fins de análise dos textos produzidos pelos alunos nos instrumentos de coleta de dados, seja para responder às questões de pesquisa e/ou para avaliação pedagógica), é preciso comparar o conjunto de itens temáticos e relações semântica por eles

---

<sup>9</sup> Para facilitar o entendimento colocamos a seguir o significado de cada par semântico que aparece no padrão temático: Td/Prt (todo/parte); CI/Mb (classe/membro); Co/At (coisa/atributo); Ag/Pr (agente/processo); Cs/Cq (causa/consequência); Pr/Pc (processo/paciente); Pr/Mo (processo/modo) It/Cnd (Item condicionado/Condição).



utilizados e construídos com aqueles que efetivamente foram construídos e disponibilizados socialmente nas interações discursivas em sala de aula.

Por esta razão tem sido construído um padrão temático a partir da análise de interações discursivas da sala de aula, de modo a representar o discurso da ciência escolar efetivamente disponibilizado em sala de aula.

Além de cumprir o papel no planejamento da ação pedagógica, os padrões temáticos construídos com base em manuais didáticos, em diálogo com os referenciais de análise epistemológica de conceitos e modelos explicativos, nos fornecem os critérios para seleção e delimitação dos episódios de ensino a serem analisados. É por meio deles que identificamos os itens temáticos que estruturam o modo de falar da ciência escolar sobre um campo, fenômeno, modelo explicativo, e que portanto, nos serve de marcador para selecionar os episódios a serem analisados.

No caso desse estudo, foram selecionados cinco episódios de ensino ocorridos em turmas distintas e momentos diferentes da sequência, nos quais eram construídas relações semânticas entre os seguintes itens temáticos: (1) célula, (2) membrana plasmática, (4) proteínas receptoras, (4) proteínas integrais, (5) reconhecimento de substâncias, (6) regulação do metabolismo, (7) difusão facilitada, (8) permeabilidade seletiva, (9) transporte de substâncias. Estes nove itens foram julgados como fundamentais na descrição e explicação dos processos de sinalização e transporte de substâncias.

Os limites dos episódios foram estabelecidos a partir do conteúdo que estava sendo tratado em sala de aula. O início do episódio é determinado pelo turno de fala em que aparece pela primeira vez no plano social da sala de aula um ou mais itens temáticos citados acima, e o fim condiz com o momento em que o tópico iniciado neste turno de fala deixa de ser contemplado e há mudança de assunto. De modo que os episódios podem ter uma extensão que varia desde um turno até em média dez turnos de fala, variando conforme a interação entre estudantes e professora.

Com base neste critério foram selecionados e transcritos os cinco episódios apresentados a seguir. É importante deixar claro, que nossa intenção não foi analisar as interações em sala de aula no que diz respeito aos aspectos relativos à comunicação e relação social entre os participantes da interação, mas sim identificar as relações semânticas estabelecidas entre os itens temáticos, que consideramos importante para a compreensão do conteúdo de sinalização e transporte de substâncias (glicose), no discurso produzido em sala de aula, por meio da mediação e ação discursiva.

### 1.2.1 Análise de Episódios e identificação das relações semânticas entre itens temáticos:

Quadro 1 - Episódio 1: A membrana é a fronteira da célula

Turma C – Aula dinâmica dos modelos de membrana

TURNO	TRANSCRIÇÃO
1	Professora: Vocês sabem que a membrana é a fronteira da célula/ ela vai delimitar o espaço interno e separar esse espaço interno do meio externo/ não é isso gente?/ então a membrana delimita a célula/ e ela mantém o conteúdo intracelular diferente do conteúdo extracelular

No início da aula sobre dinâmica dos modelos de membrana, no **Episódio 1**, a professora constrói as relações semânticas estabelecidas entre os itens temáticos membrana plasmática e célula de acordo com linguagem ciência escolar. Neste episódio a professora afirma que a membrana é a fronteira da célula, configurando-se como a estrutura que delimita a célula. Desta forma, é evidente no discurso que a membrana trata-se de uma estrutura que delimita a célula, atuando como a fronteira entre o meio interno e externo. A relação semântica estabelecida entre os itens temáticos célula e membrana plasmática é do tipo taxonômica todo/parte (Td/Prt) (Célula – Td/Prt – Membrana plasmática) e Membrana plasmática – Ag/Pr – [delimita] – Pr/Pc Célula.

Quadro 2 –Episódio de ensino 2: A célula é constituído por três partes fundamentais

Turma C – Aula dinâmica dos modelos de membrana

TURNO	TRANSCRIÇÃO
1	Lorena: A célula é constituída por três partes fundamentais/ um núcleo/ o citoplasma e a membrana plasmática

O **episódio 2** ocorreu também na aula de dinâmica dos modelos de membrana. Vale ressaltar que entre o episódio 1 e o episódio 2 há toda uma discussão desde os primeiros estudos sobre a natureza apolar dos lipídios e explicando os modelos sem considerar a ordem cronológica. Os estudantes, juntamente com a professora, vão expondo seus conhecimentos sobre os modelos. Para iniciar a explicação do modelo de Gorter e Grandel, no turno de fala ocorre turno de fala 1, a estudante deixa claro que a célula é formada por três partes, a saber: núcleo, citoplasma e membrana plasmática, evidenciando, novamente, construindo a relação semântica do tipo taxonômico (Td/Prt) entre os itens temáticos célula e membrana (Célula – Td/Prt – Membrana plasmática).

Quadro 3 - Episódio de ensino 3 : A membrana faz com que o conteúdo interno fique diferente do externo?

Turma A – Aula histórico do modelo de membrana

TURNOS	TRANSCRIÇÕES
1	Professora: se a gente for pensar em conteúdo externo e interno da célula / a membrana plasmática permite o que em relação em relação ao meio externo e ao meio interno?/ essa separação.
2	Stephane: vai proteger

3	Professora: vai proteger o meio interno/ vai delimitar o meio interno/ e a composição química desse meio interno/ ela vai sempre igual a composição química do meio ?
4	Nicole: não
5	Professora: ou a membrana faz algo especial?
6	João: ela separa o que entra e o que sai
7	Natani: ela seleciona o que entra e o que sai
8	Professora: ela vai selecionar /não é?
9	Natani: ela sempre / como se a substâncias passassem por uma seleção
10	Professora : exatamente/a célula vai selecionar o que entra e o que sai dentro dela / através de que?/ através da membrana/e a composição química interna da membrana/ ó/desculpa/ a composição química do meio intracelular então/vai ser diferente da composição química do meio extracelular/então dentro da célula existe uma condição especial/ e quem permite essa condição especial em relação ao conteúdo intracelular é a membrana/que como Natani falou ela vai selecionar o que entra e o que sai da célula/ né isso?/ algumas substâncias vão entrar na células as outras vão ficar / ela vai selecionar isso aí/é o que a gente chama de permeabilidade seletiva/que é uma propriedade da membrana plasmática

Na aula sobre o histórico do modelo de membrana, há um momento que a professora define as propriedades da membrana, entre elas, a permeabilidade seletiva. No episódio 3 notamos que a professora, no primeiro turno de fala, faz um questionamento aos estudantes por meio do qual busca construir um acordo intersubjetivo em torno da noção de que meio extra e intercelular apresentam composição diferente e que a membrana tem algum papel causal em manter essa distinção. No turno 2, a estudante Stephane fala uma propriedade da membrana que é a de proteger a célula. Uma vez que a fala da aluna não contribuía para a construção das relações semânticas que a professora planejava construir, a professoras usa duas estratégias discursivas no turno 3, substitui o termo “proteger” por “delimitar”, e faz uma nova iniciação indagando se o meio externo e interno apresentam a mesma composição. Ao fazê-lo, propõe aos estudantes a relacionar a propriedade da membrana com a diferença na composição do meio interno em relação ao externo. Na sequência, no turno 4, Nicole, interrompe a professora, respondendo negativamente à iniciação, , ou seja, disponibilizando a noção de que os meios intracelular e extracelular apresentam composições distintas. Nos turnos 6 e 7, os estudantes propõe que a membrana é agente dos processos de selecionar as substâncias que entram e saem da célula . Essa relação é avaliada positivamente e legitimada no turno 8 pela professora. Sendo disponibilizada a relação transitiva Membrana – Ag/ Pr – selecionar – Pr/Pc – substâncias. No turno 8, Natani reitera que a membrana sempre seleciona as substâncias que passam através dela. A professora sintetiza, no turno 9, com a afirmação novamente da relação da membrana como agente do processo de transportar seletivamente substâncias e termina sua fala dizendo

que esta propriedade da membrana de selecionar as substâncias que entram e que saem da célula é denominada de permeabilidade seletiva. Desta maneira, é disponibilizado no plano social da sala de aula a relação semântica Membrana Co/Atr Permeabilidade seletiva.

Quadro 4- Episódio 4 : Esse tipo de transporte é difusão simples ou facilitada?

Turma C – Aula sobre doenças relacionadas com a membrana

TURNOS	TRANSCRIÇÕES
1	Professora: no momento que a insulina é produzida é levada pelo sangue até as células/ quando chega nas células um receptor de membrana/uma proteína de membrana/ se fixa na insulina/ quando o receptor de membrana se fixa na insulina/ acontece um monte de reação química dentro da célula/ são reações em cadeia/ uma reação vai puxando outra/ aí/ essas reações químicas que acontecem aqui dentro da célula ((apontando para a imagem projetada do modelo do mosaico fluído,ver figura 3))/ estimulam essa proteína de membrana/ vermelinha aqui ((apontando para da imagem projetada do modelo de mosaico fluído, figura 3))/ que é uma proteína transportadora/ essa proteína de membrana/ agora estimulada/ transporta glicose do meio extracelular para o meio intracelular/ do meio mais concentrado para o meio menos concentrado/ através de uma proteína/ esse tipo de transporte é difusão simples ou facilitada?
2	Estudantes: facilitada
3	Professora: facilitada/ perfeito/ porque esta sendo feito com o auxílio de uma proteína transportadora

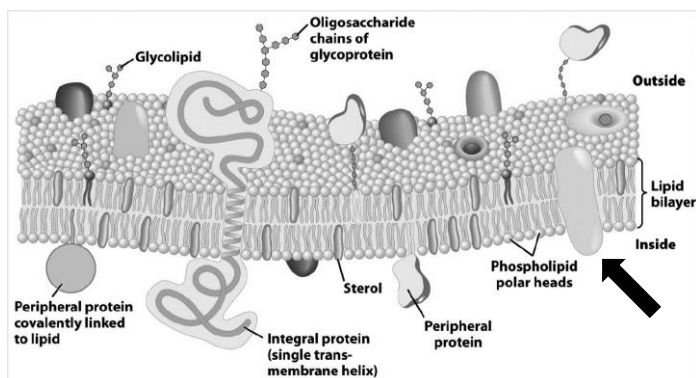


Figura 3: Modelo do mosaico fluído.  
Fonte: Nelson; Cox (2005).

O **Episódio 4** está inserido na aula sobre doenças relacionadas com a membrana. Este episódio pode ser considerado um nexa temático, que, segundo Lemke (1997), é o momento do discurso em que

ocorre a conexão de várias relações semânticas, tratando-se, portanto, de um ponto chave do desenvolvimento deste tema durante a aula. Outrossim, há aplicação de certas relações semânticas gerais, colocadas no primeiro padrão apresentado, aplicados especificamente a questão da diabetes. No primeiro turno de fala, a professora disponibiliza a ideia de que o transporte da glicose pelas proteínas transportadoras é causado pelo reconhecimento do hormônio insulina pelas proteínas da membrana (proteínas receptoras). Assim, percebemos que está sendo disponibilizada a seguinte relação semântica: {[Proteínas receptoras – **Ag/Pr** – Reconhecimento de substâncias] – **Cs/Cq** – [Proteína transportadora – **Pc/Pr** – Ativação]} Na sequência, a professora expressa que o transporte da glicose causado pelo reconhecimento do hormônio insulina é uma condição regulação do metabolismo da glicose. Então, a professora elaborou a seguinte sequência relações semânticas de natureza lógica, ou seja, que ocorrem entre conjuntos de itens. {[Proteínas receptoras – **Ag/Pr** – Reconhecimento de substâncias] – **Cs/Cq** – [Proteína transportadora – **Pc/Pr** – Ativação]} – **Cnd/It** – Regulação do Metabolismo).

Neste turno de fala, também, observamos que a professora falou que proteínas receptoras, que são um tipo de proteína integral, fazem parte da membrana, então neste enunciado estabelece-se uma relação entre a parte, que é proteína integral, e o todo, que é membrana e a relação entre proteína integral que é a classe e a proteína receptora que é um membro desta classe, duas relações semânticas do tipo taxonômica (Membrana plasmática – **Td/Prt** – Proteína integral; Proteína integral – **Cl/Mb** – Proteínas receptoras).

Ainda no turno 1 do **Episódio 4**, foi construída há a presença da relação entre os itens proteína receptora e reconhecimento celular, referindo-se ao primeiro item como agente do processo que é o reconhecimento celular (Proteínas receptoras – **Ag/Pr** – Reconhecimento de substâncias). Na sequência deste mesmo episódio, observamos uma relação semântica entre os itens membrana plasmática e transporte de substâncias, uma relação do tipo transitiva sendo a membrana agente do processo transporte de substâncias (Membrana plasmática – **Ag/Pr** – Transporte de substâncias).

Observa-se, também, discurso da professora, no turno 1, estão as relações semântica parte/todo, existente entre os itens membrana plasmática e proteína integral, e a relação proteína integral agente do processo da difusão facilitada. Estas relações formam uma condensação que se relaciona logicamente por meio do par semântico causa/consequência com outra condensação, já mencionada acima membrana plasmática agente do processo transporte de substâncias: ([Membrana plasmática – **Td/Prt** – Proteína integral – **Ag/Pr** – Difusão facilitada] **Cs/Cq** [Membrana plasmática – **Ag/Pr** – Transporte de substâncias])

Fica claro a partir da análise de todos os turnos de fala do **Episódio 4**, que a insulina ao fixar-se na proteína receptora estimula processos metabólicos celulares que, por sua vez, causam a ativação da proteína transportadora, além disso é evidente que a proteína transportadora é paciente do processo de ativação ([Proteínas receptoras – **Ag/Pr** – Reconhecimento de substâncias] – **Cs/Cq** – [Proteína

transportadora – **Pc/Pr** – Ativação]). Na sequência, notamos que a ativação da proteína transportadora é a causa do processo de difusão facilitada que é realizada pelas proteínas integrais transportadoras da membrana ([Proteína transportadora – **Pc/Pr** – Ativação] – **Cs/Cq** - [Membrana plasmática – Td/Prt – Proteína integral – **Ag/Pr** – Difusão facilitada]). Na fala da professora fica evidente, também, que a difusão facilitada é um tipo de transporte de substâncias que ocorre a favor do gradiente de concentração, podendo, desta maneira ser estabelecida a relação semântica do tipo circunstancial processo/modo entre os itens temáticos transporte de substâncias e à favor do gradiente de concentração. Também é possível evidenciar a relação do tipo taxonômica classe/membro entre a condensação destes itens e difusão facilitada ([Transporte de substâncias – **Pr/Mo** – À favor do gradiente de concentração] – **CI/Mb** – Difusão facilitada)).

Quadro 5 - Episódio 5: Se não tiver a proteína transportadora tem como a glicose entrar na célula?

Turma B – Aula sobre transporte de substâncias através da membrana

TURNOS	TRANSCRIÇÃO
1	Professora: proteína/ também/são proteínas de ancoragem de sinalização a gente vai falar sobre isso/são proteínas que servem para outras substâncias se fixarem nela /outras proteínas/ para sinalizar/ e dar sinais para que outros metabolismos aconteçam na célula/daqui a pouco a gente vai mostrar isso/tá/ bom/uma coisa importante desse modelo/ o próprio nome já está dizendo mosaico fluido((ver figura 3))/esse modelo do mosaico fluido/ ele traz a ideia de que as moléculas não estão engessadas na membrana elas estão se mexendo/então uma molécula de fosfolípido que está de um lado da membrana/ pode daqui a algum tempo/ alguns minutos/ já está/aquela molécula ser encontrada em outro lugar/
2	Nívia: esse é o último modelo/ é pró?/
3	Professora: oi
4	Nívia: esse é o último modelo/ é pró?/
5	Professora: esse é o modelo mais aceito/ele já está em modificação/ que é a balsa lipídica
6	Nívia: vai ser substituído por qual?
7	Professora: balsa lipídica/que é um refinamento desse modelo/ que é o modelo do mosaico fluido refinado/certo/ o que é que diz o modelo da balsa lipídica((ver figura 4))/complexos de fosfolípidos e proteínas na membrana / aqui/ ó/ complexos de fosfolípidos e proteínas/ imagina aqui/daqui pra cá/ imagine que isso está ligado fortemente unidos/ andando juntos na membrana/como se fossem balsas no oceano/olha aqui/ isso aqui/ ó/ os fosfolípidos aqui/vão transportar as moléculas de proteínas na membrana/ então vai ser/estas moléculas aqui vão caminhar sempre juntas àqueles fosfolípidos/ chama balsas lipídicas/modelos das balsas lipídicas/ mas continua sendo o modelo do mosaico fluido com conhecimento refinado sobre ele/ isso explica como proteínas próximas estão envolvidas em transporte de substancia e sinalização celular/ então por exemplo/ na/ a gente vai explicar daqui a pouquinho/ a entrada de glicose na célula se dá pela sinalização da insulina/ certo?/ é a insulina que vai tornar a membrana permeável ao açúcar/
8	Michel: pensei que entrasse pela proteína
9	Professora: o açúcar entra pela proteína/só um instantinho/então se não tiver uma proteína para sinalizar/se não tiver uma outra proteína do lado para glicose entrar/a glicose não entra/proteína que transporta glicose/proteína que sinaliza/ a sinalização da insulina/ tem que estar sempre próxima/então quem explica esse mecanismo/é o modelo das balsas/proteína sofre ativação e permite a entrada de glicose e proteína que permite a sinalização tem que estar sempre juntas/e isso contribui para a regulação do metabolismo da célula quem explica esse mecanismo é o modelo das balsas lipídicas/então as proteínas elas são integrais ou periféricas/e uma bem grandona que atravessa a membrana/então as proteínas pequenas são as periféricas/se aderem na parte polar dos

lipídios/que essa de cima aqui/já a proteína integral ela atravessa a membrana ela entra em contato com a parte apolar do fosfolípido/

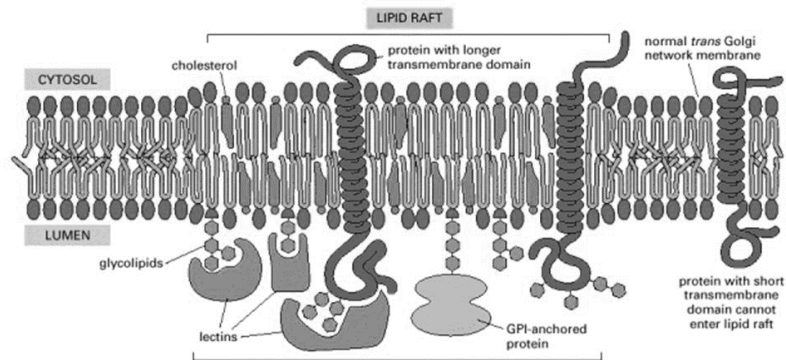


Figura 4: Balsa lipídica – áreas especializadas da membrana, nas quais ocorrem processos de transporte, sinalização e endocitose  
Fonte: Nelson; Cox (2005)

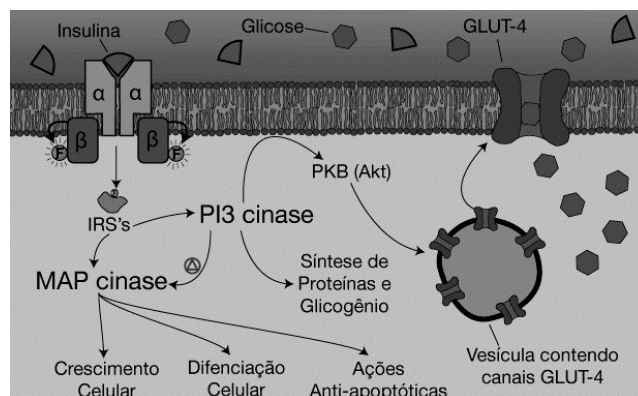


Figura 5: Relação entre o reconhecimento da insulina e transporte da glicose  
Fonte: Disponível em: <http://lucasnicolau.com/?num=artigos&artigo=10>. Acesso em: 02/07/2016

O **Episódio 5**, ocorrido na aula de transporte de substâncias, após a professora ter tratado dos processos de osmose e difusão simples. Especificamente, após ter examinado o transporte dos gases oxigênio e gás carbônico como exemplo de transporte de substância por difusão simples, por meio dos fosfolípídios.

Por meio da pergunta retórica “se não tiver a proteína transportadora tem como a glicose entrar na célula?”, a professora constrói a relação semântica em que a existência de proteínas

transportadoras é uma condição para o transporte de glicose ( Transporte de substância – It/Cnd – [proteínas transportadora – prt/td – membrana plasmática]).

Ao explicar o papel da balsa lipídica na interação entre as proteínas, a professora constrói uma relação semântica entre proteínas integrais (“mergulhadas nos fosfolipídios”) com o processo de transporte de substância, especificamente, as seguintes condensações de relações: [Membrana plasmática – Td/Prt – Proteína integral] – Cs/Cq – [Membrana plasmática – **Ag/Pr** – Transporte de substâncias] e [Membrana plasmática – Td/Prt – Proteína integral] – Cs/Cq – [Membrana plasmática – **Ag/Pr** – Sinalização]. Além disso, são construídas as relações taxonômicas indicativas: Proteína integral – **CI/Mb** – Proteínas receptoras; Proteína integral – **CI/Mb** – Proteínas transportadora

Em seguida, há uma explicação funcional de como essas proteínas, receptora e transportadora cumprem um papel na realização do transporte da glicose. Indicando que este processo se inicia com reconhecimento de uma molécula sinalizadora por uma proteína receptora, o que desencadeia processos metabólicos na célula, os quais promovem a ativação de uma proteína transportadora, permitindo a passagem de substâncias através da membrana plasmática.

Ao fazê-lo a professora constrói as seguintes relações semânticas, [Proteínas receptoras – Ag/Pr – Reconhecimento de substâncias] e [Proteína transportadora – Pc/Pr – Ativação], as quais são conectadas por uma relação lógica do tipo causa e consequência: ({[Proteínas receptoras – Ag/Pr – Reconhecimento de substâncias] – Cs/Cq – [Proteína transportadora – Pc/Pr – Ativação]}). Essas relações são condensadas em uma relação taxonômica de sinonímia com o item sinalização, que pode representada desse modo: ({[Proteínas receptoras – Ag/Pr – Reconhecimento de substâncias] – Cs/Cq – [Proteína transportadora – Pc/Pr – Ativação]} – Sin – Sinalização ).

Percebemos durante todo o episódio que a professora está conduzindo os estudantes para que eles construam o conhecimento acerca da relação entre a sinalização e o transporte de substâncias, bem como estabeleçam relação desses processos com regulação do metabolismo celular. No turno de fala 1 a professora deixa clara a função das proteínas de ancoragem de sinalização quando diz: “proteínas de ancoragem de sinalização a gente vai falar sobre isso/são proteínas que servem para outras substâncias se fixarem nela /outras proteínas/ para sinalizar/ e dar sinais para que outros metabolismos aconteçam na célula” ( Proteínas receptoras Ag/Pr Reconhecimento de substâncias). Em seguida, nos turnos fala de 7 e 9, professora e estudantes afirmam que as proteínas integrais são responsáveis pelo transporte da glicose (Proteínas transportadoras Ag/Pr Transporte de substâncias). Especificamente no turno 7, a professora diz que a sinalização mediada pelo hormônio insulina torna a membrana permeável a glicose (“a entrada de glicose na célula se dá pela



sinalização da insulina/ certo?/ é a insulina que vai tornar a membrana permeável ao açúcar/...), dito de outra forma, o reconhecimento de substâncias é a causa do transporte de substâncias([Proteínas receptoras Ag/Pr Reconhecimento de substâncias] Cs/Cq [Proteínas transportadoras Ag/Pr Transporte de substâncias] . No turno de fala 9, a professora explica a relação entre os processos de sinalização, transporte de substância e regulação do metabolismo por meio da fala “então se não tiver uma proteína para sinalizar/se não tiver uma outra proteína do lado para glicose entrar/a glicose não entra/proteína que transporta glicose/proteína que sinaliza/ a sinalização da insulina/ tem que estar sempre próxima/então quem explica esse mecanismo/é o modelo das balsas/proteína sofre ativação e permite a entrada de glicose e proteína que permite a sinalização tem que estar sempre juntas/e isso contribui para a regulação do metabolismo da célula” . Ela afirma que o processo de sinalização provoca a ativação da proteína transportadora e que a interação entre estes dois processos, que tem como resultado o transporte de substâncias, é uma condição para a regulação do metabolismo celular. Assim, nota-se que a condensação relações semânticas entre os itens temáticos podem ser definidas como: ({[Proteínas receptoras – Ag/Pr – Reconhecimento de substâncias] – Cs/Cq – [Proteína transportadora – Pc/Pr – Ativação]} – Cnd/It – Regulação do Metabolismo).

## **2. Construção de Diagramas Temáticos**

A partir das relações semânticas encontradas no discurso da professora e compartilhadas com os alunos em sala de aula construímos, um diagramas temático para a explicação dos processos de difusão facilitada e sinalização celular, o qual que representa graficamente o padrão temático desse campo do conhecimento, construído na linguagem da ciência escolar. Este diagrama é apresentado na figura 3, consiste, portanto, o parâmetro do padrão temático da ciência escolar a partir do qual serão analisados o padrão temático construído pelos alunos em seus textos para os mesmos fenômenos.

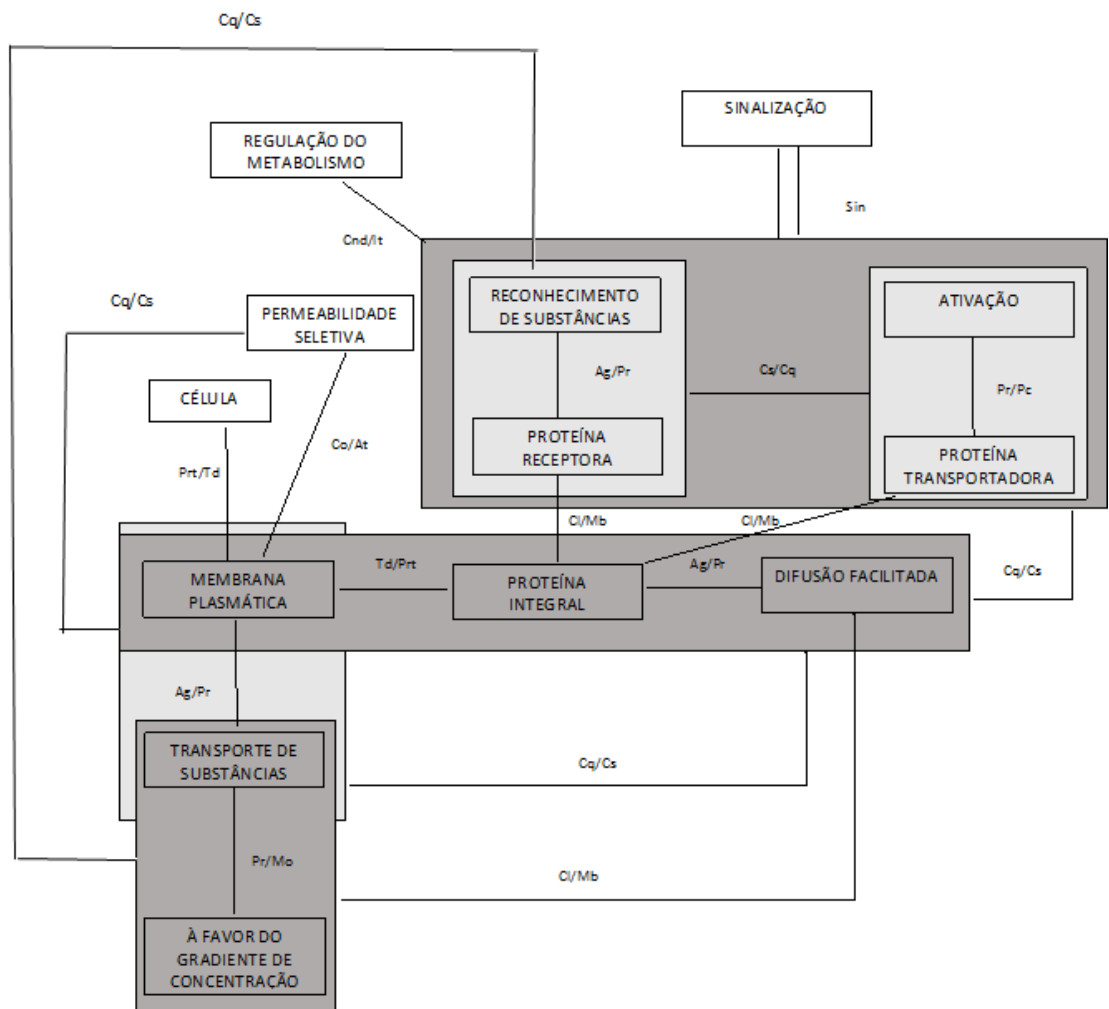


Figura 3: Diagrama temático disponibilizado na sala de aula

### 3. Estabelecendo as hierarquias

Tomamos a decisão metodológica de agrupar em hierarquias as relações semânticas pois a nossa hipótese é que existe uma tendência na apropriação da linguagem da ciência escolar do estudante partir do menos complexo para o mais complexo e que algumas relações semânticas são pré-requisitos para apropriação de novos conhecimentos, conseqüentemente acreditamos que as relações semânticas mais complexas seriam mais difíceis para compreensão dos estudantes, portanto sua frequência no texto dos mesmos seria baixa. Além disso, outra justificativa para hierarquização das relações semânticas está relacionada a heurística ou validade da ferramenta para diagnosticar níveis de apropriação, ter a capacidade de nos mostrar grupos de estudantes

que estariam em processos distintos, e também de identificar certos focos recorrentes de dificuldades em cada campo do conhecimento que estamos investigando. Tanto para fins de pesquisa como para fins da prática de ensino.

O nível básico está diretamente ligado a estrutura da membrana , mas especificamente aos componentes que fazem parte do seu modelo e a sua relação taxonômica hiponímia com a célula, constituindo-se uma parte desta última. Este nível tem como característica a descrição das estruturas. Consideramos mais fácil que o estudante saiba a estrutura da membrana, pois o conteúdo célula, incluindo a composição da membrana, faz parte do currículo do 8º ano do ensino fundamental. Além disso, a SD sobre membrana plasmática aplicada nas turmas que fizeram parte dessa amostra tinha o foco na dinâmica da construção dos modelos de membrana, conseqüentemente foi dada uma ênfase na sua composição. Outro fator que contribuiu para que agrupássemos estas relações semânticas no nível básico é que a compreensão da estrutura da membrana plasmática configura-se como um pré-requisito para que o estudante entenda o processo de sinalização e transporte substâncias através da membrana.

O nível intermediário diz respeito a função que cada uma das partes desempenha. Este nível tem como característica a explicação das estruturas. Classificamos dessa maneira, pois o conhecimento sobre função depende do conhecimento da organização do sistema, uma vez que a condição para que o traço seja considerado funcional é saber como ele contribui para organização do sistema. Além disso, os componentes da membrana desempenham funções diferentes que interagem entre si, de forma que o produto final é resultado das relações etiológicas entre os processos estabelecidos pelas partes que compõe o sistema. Assim, emerge a propriedade da permeabilidade seletiva, que permite que a membrana exerça um controle sobre a entrada e saída de substâncias, determinado que o meio externo tenha concentrações diferentes do meio interno. Outro fator que contribuiu para classificarmos estas relações no nível intermediário, refere-se a falta de conhecimento prévio dos estudantes, uma vez que no ensino fundamental não é abordado neste nível de detalhamento, das funções de cada uma das estruturas da membrana.

O nível avançado diz respeito as relações complexas que integram relações do nível básico e do nível intermediário, por meio do estabelecimento de relações do tipo lógica, como por exemplo causa/consequência ou item/condicionante. Há, também, neste nível relações do tipo sinônimo, a qual expressa a definição de um termo científico. Neste nível observamos relações que indicam como o traço funcional contribui para a organização do sistema e como

os processos regulatórios dos sistemas atuam para produzir e manter este traço funcional. Trata-se do nível ideal da aprendizagem conceitual do tema sinalização e transporte de substância realizado pela membrana.

A seguir apresentamos as relações pertencentes a cada nível:

Nível Básico: 1, 2, 3, 4, 6

- 1- Célula – **Td/Prt** – Membrana plasmática
- 2- Membrana plasmática – **Td/Prt** – Proteína integral
- 3- Proteína integral – **Cl/Mb** – Proteínas receptoras
- 4- Proteína integral – **Cl/Mb** – Proteínas transportadora
- 6- Membrana plasmática – **Ag/Pr** – Transporte de substâncias

Nível Intermediário: 5, 7, 9, 10, 13

- 5- Proteínas receptoras – **Ag/Pr** – Reconhecimento de substâncias
- 7- Membrana plasmática – **Td/Prt** – Proteína integral – **Ag/Pr** – Difusão facilitada
- 9- Membrana plasmática – **Co/At** – Permeabilidade seletiva
- 10- Proteína transportadora – **Pc/Pr** – Ativação
- 13- Transporte de substâncias – **Pr/Mo** – À favor do gradiente de concentração

Nível Avançado: 8, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 19

- 8- [Membrana plasmática – **Td/Prt** – Proteína integral – **Ag/Pr** – Difusão facilitada] **Cs/Cq** [Membrana plasmática – **Ag/Pr** – Transporte de substâncias]
- 11- [Proteína transportadora – **Pc/Pr** – Ativação] – **Cs/Cq** - [Membrana plasmática – **Td/Prt** – Proteína integral – **Ag/Pr** – Difusão facilitada]
- 12- [Proteínas receptoras – **Ag/Pr** – Reconhecimento de substâncias] – **Cs/Cq** – [Proteína transportadora – **Pc/Pr** – Ativação]
- 15- {[Proteínas receptoras – **Ag/Pr** – Reconhecimento de substâncias] – **Cs/Cq** – [Proteína transportadora – **Pc/Pr** – Ativação]} – **Sin** – Sinalização
- 14- [Transporte de substâncias – **Pr/Mo** – À favor do gradiente de concentração] – **Cl/Mb** – Difusão facilitada
- 16- {[Proteínas receptoras – **Ag/Pr** – Reconhecimento de substâncias] – **Cs/Cq** – [Proteína transportadora – **Pc/Pr** – Ativação]} – **Cnd/It** – Regulação do Metabolismo
- 17- Permeabilidade seletiva – **It/Cnd** – Transporte de substâncias
- 18- Permeabilidade seletiva- **Cs/Cq**- [Membrana- **Ag/Pr**- Transporte de Substância]

19- Reconhecimento de substâncias Cs/Cq {[Transporte de substâncias Pr/Mo à favor do gradiente de concentração] Sin Difusão Facilitada

## Capítulo IV

### Resultados e Discussão

As quatro primeiras seções deste capítulo referem-se aos dados relativos aos critérios de análise da FAALSCE, respectivamente: (1) uso do termo e relações semânticas; (2) domínio da linguagem; (3) uso do termo e (4) ressignificação. Estes critérios foram utilizados para averiguar o quanto houve apropriação da linguagem da ciência escolar pelo estudante, no caso particular, na explicação dos processos de sinalização e transporte da glicose por meio da membrana plasmática, e assim poder avaliar o potencial heurístico da FAALSE para avaliar questões abertas, que exigem dos estudantes respostas em forma de pequenos textos, relativas ao conteúdo de Biologia Funcional.

Nas seções 5, 6 e 7 será discutido a construção do padrão temático e a importância da hierarquização das relações semânticas e como o modo de falar exerce influência na construção das relações semânticas. Dando ênfase para a influência da mediação do professor por meio da fala no que o estudante escreve e na necessidade de pensar nas relações semânticas estabelecidas entre os itens temáticos (conceitos) antes de falar sobre determinado tema para não incorrer em erros, por conta de vícios de linguagem ou forma de dizer que não se assemelham a linguagem da ciência escolar.

Na oitava seção trazemos a análise qualitativa estabelecendo uma ponte entre as vias de aprendizagem estabelecidas e aquelas que eram esperadas, a fim de evidenciar um outro potencial da FAALSCE que é servir de uma ferramenta para a avaliação de estudos de desenvolvimento (PLOMP, 2009), bem como proporcionar evidências para que professores e pesquisadores modifiquem as suas intervenções didáticas, criando novos protótipos que atendam os objetivos estabelecidos.

Continuando com a análise qualitativa dos dados, na nona seção, apresentamos e discutimos as divergências encontradas entre os padrões temáticos construído pelo estudante e o padrão temático da ciência escolar.

## **1 Uso do termo e Relações semânticas:**

### SCORE TOTAL DAS RELAÇÕES SEMÂNTICAS POR ALUNO

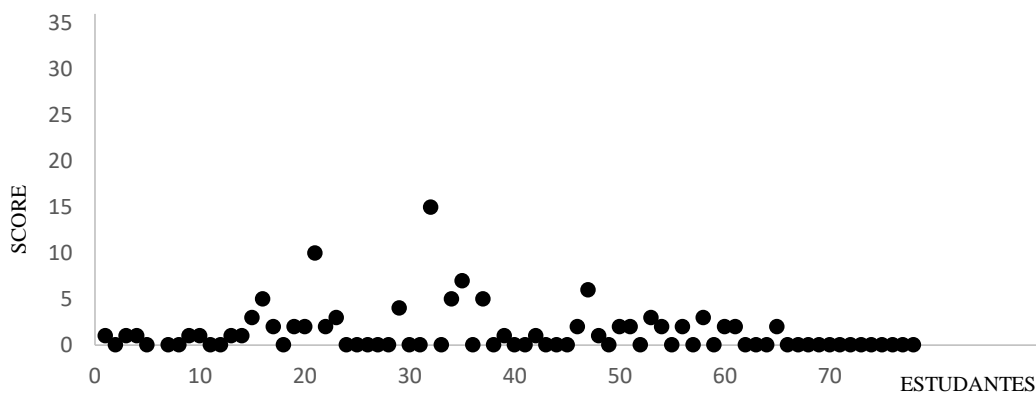


Gráfico 1: Escore total por estudante, considerando os pesos de cada hierarquia.

O gráfico 1 apresenta os escores obtidos por cada aluno no que diz respeito ao número de relações semânticas estabelecidas corretamente, calculado multiplicando sua ocorrência pelo peso atribuído a cada uma delas pelo sistema hierárquico apresentado na seção 5.3 da metodologia. No eixo da ordenada são apresentados cada um dos 78 estudantes e no eixo da abcissa são apresentados os respectivos escores de cada estudante.

Uma breve análise do gráfico nos mostra que os escores obtidos pelos estudantes no que diz respeito a essa dimensão da apropriação da linguagem escolar é muito baixo. Segundo o padrão temático do transporte da glicose por difusão facilitada pela membrana que construímos a partir da análise de episódios de sala de aula, o valor do escore máximo seria 36, caso o estudante estabelecesse todas as relações de acordo com a linguagem da ciência escolar. O maior escore (15), portanto, não chegou a 50% do valor total,.

Observa-se, então, que existe uma grande dificuldade de “falar ciência” na produção textual dos estudantes. O diálogo entre a literatura e o nosso saber experiencial nos levou a identificar possíveis razões, não mutuamente excludentes, para esta dificuldade. A primeira diz respeito à falta de prática de escrever a dos estudantes do primeiro ano do ensino médio do Colégio da Polícia Militar- Dendezeiros, os quais não estão acostumados a responder questões que exijam respostas discursivas, uma vez que a maioria das avaliações são compostas de questões de múltipla escolha. Outra hipótese seria a dificuldade inerente relacionada a esse tipo de linguagem verbal que exige, de acordo com Vigotski (2001), um nível maior de consciência e arbitrariedade. Outra possibilidade é que para a maioria dos estudantes este conhecimento encontre-se na zona de desenvolvimento proximal Vigotski (2001), o que possibilita que ele

articule as ideias sobre esse conteúdo por meio da linguagem oral, quando o conhecimento estava sendo construído no plano social da sala de aula, com apoio do professor e dos outros estudantes, mas, ainda não internalizou o suficiente para o estudante conseguir, sozinho, responder a uma questão.

Para sustentar de que o conhecimento pode estar na zona de desenvolvimento de alguns estudantes, vamos apresentar a análise de um episódio de ensino comparando com as respostas individuais dos estudantes que participaram da interação discursiva durante a aula sobre transporte de substâncias através da membrana, ocorrida na turma D.

Durante essa aula, a professora, juntamente com os alunos, desenvolveram o tema relativo aos tipos de transporte através da membrana. Foram selecionados os turnos de fala que trata sobre difusão facilitada, por tratar-se do conteúdo que é abordado na questão que foi analisada neste trabalho. O episódio ocorreu em um momento em que após ter falado sobre a osmose, a professora aborda a difusão simples, e busca distingui-la da difusão facilitada.

#### Quadro 6 - Episódio 6: Difusão facilitada: o caso da glicose

##### Turma D – Aula sobre transporte de substâncias através da membrana

TURNOS	TRANSCRIÇÃO
1	Professora: Já a difusão facilitada/ no caso da molécula de glicose/ é/ aqui está a molécula de glicose/ ó ((mostra o modelo de difusão projetado)) / em grande quantidade/ no meio extra...
2	Joana: celular
3	Professora: celular/ no meio intracelular ela está em pequena quantidade/ por que?/ porque ela está sendo..
4	Joana: utilizada ((faz gesto com a mão mostrando que a glicose é bastante usada))
5	Professora: utilizada/ perfeito/ que processo mesmo que ela é utilizada?
6	Flavius: respiração celular
7	Professora: respiração celular/ ótimo/ então/ e quando a gente se alimenta/ nossa corrente sanguínea fica cheia de glicose/ então a glicose vai...
8	Joana: precisa ser quebrada.
9	Professora: entrar na célula/ para ser quebrada/ perfeito/ ela vai passar <sup>10</sup> do meio...
10	Joana: extra
11	Flavius: extra
13	Joana: no extra ((apontando para o modelo projetado))
14	Flavius: no extra
15	Yracema: no extra
16	Professora: então/ o meio extracelular está mais concentrado do que o meio intracelular/ então/ automaticamente ela passa para dentro...
17	Yracema: da célula

<sup>10</sup> Consideramos que **transporte de substâncias** é um item temático que equivale tanto a expressão *glicose entrar*, quanto a *glicose passar*



18	Professora: da célula/ só que ela não passa pelos fosfolipídios...
19	Joana: pelas proteínas
20	Professora: vai passar pelas proteínas transportadoras/ e para ela passar/ é/ para dentro da célula/ com o auxílio da proteína transportadora/ essa proteína precisa ser o quê?/ a...
21	Flavius: ativada
22	Professora: ativada/ quem que ativa ela?
23	Flavius: a insulina
24	Joana: a insulina
25	Professora: uma outra proteína presente na membrana/ se acopla/ se liga com a insulina/ essa proteína receptora <sup>11</sup> então/ ativa um monte de processos metabólicos aqui dentro ((mostra no modelo projetado o meio intracelular))/ que ativa a molécula transportadora

No que diz respeito às interações sociais na comunicação entre professor e estudantes, empregando a ferramenta de Mortimer e Scott (2002; 2003), podemos caracterizar esse episódio como como interativo de autoridade, uma vez que, por meio de um padrão discursivo em que predomina tríades de iniciação, resposta e avaliação (I/R/A), a professora troca turnos de fala com os alunos, de modo a dirigir as interações para o desenvolvimento da perspectiva da ciência escolar.

No primeiro turno de fala a professora deixa claro que a difusão é um tipo de transporte de substâncias, usando como exemplo o transporte da glicose, quando expressa na sua fala “Já a difusão facilitada/ no caso da molécula de glicose”. Em termos semânticos, nesse primeiro turno de fala, podemos observar que é estabelecida a seguinte relação entre os itens temáticos difusão facilitada e transporte de substâncias: transporte de substâncias **CI/Mb** difusão facilitada. No primeiro e segundo turnos de fala a professora e a estudante Joana estabelecem uma relação circunstancial entre de glicose e meio extracelular, segundo a qual a maior concentração de glicose se localiza no meio extracelular maior concentração de glicose **Co/Loc** meio extracelular). Nos turnos 3 a 8, é construída a ideia de que ao entrar na célula (transporte de substância) a glicose é quebrada por meio da respiração celular que pode ser apresentada em termos de relações semânticas da seguinte maneira: (1) Glicose – **Co/Atr** – maior concentração (2)Glicose - **Ag/Pr** - transporte de substâncias - **Pr/Loc** - célula; (2) [Menor concentração de glicose - **Co/Loc** – meio intracelular] – **Cq/Cs** –[glicose – **Pc/Pr** – respiração celular] (3) {[glicose - **Ag/Pr**- transporte de substâncias - **Pr/Loc**- célula] - **Cs/Cq** - [Quebra **Pr/Pc** glicose] - **Pr/Mo** - respiração celular

Nos turnos 9 a 17, a professora repete as ideias construídas anteriormente de que a glicose entra na célula para ser quebrada e em seguida estudantes e professora avançam na

---

<sup>11</sup> A expressão “ uma outra proteína presente na membrana/ se acopla/ se liga com a insulina/ essa proteína receptora” dita pela professora pode ser considerada, se pensarmos em termos de itens temáticos, como reconhecimento de substâncias.

construção do conhecimento, trazendo ideia de que a glicose se desloca no sentido de maior concentração para o de menor concentração, quando entra na célula, o que em termos de relações semânticas pode ser apresentado da seguinte maneira: (1) maior concentração de glicose **Co/Loc** meio extracelular; (2) menor concentração de glicose **Co/Loc** meio intracelular; (2) (glicose **Ag/Pr** transporte de subs) **Pr/Mo** a favor do gradiente de concentração<sup>12</sup>. Vale ressaltar que, no turno 15, em seu discurso a professora usa o termo automaticamente para qualificar a forma como ocorre a difusão facilitada quando há um gradiente de concentração entre o meio intra e extracelular (“o meio extracelular está mais concentrado do que o meio intracelular/ então/ automaticamente ela passa para dentro...), entretanto esse termo não seria o mais adequado, uma vez que há vários processos restritivos, sendo necessário haver o gradiente, mas não é suficiente para que a difusão facilitada ocorra. A seguir, nos turnos 18 a 20, é desenvolvida a ideia de que glicose entra na célula por meio de proteínas transportadoras (proteínas transportadoras **Ag/Pr** transporte de substâncias). Por fim, nos turnos de fala 20 a 25, é desenvolvida a ideia de que a ativação da proteína é consequência do reconhecimento de substâncias (insulina), a qual em termos semânticos pode ser expressa pelas seguintes relações: [Proteínas receptoras – **Ag/Pr** – Reconhecimento de substâncias] – **Cs/Cq** – [Proteína transportadora – **Pc/Pr** – Ativação]

Abaixo apresentamos integralmente o texto escrito por Joana, pois no episódio que apresentamos foi a estudante que mais participou da interação discursiva. Em seguida procedemos a análise semântica deste texto, no qual destacamos em negrito as palavras chave que foram utilizadas pela estudante.

A glicose encontra-se no meio externo, ou seja, no sangue, a insulina é alcançada pela **proteína receptora** que sinaliza para a **proteína transportadora (proteína integral)** que captura a glicose, jogando dentro da **membrana** e é quebrada pela insulina, onde há o **reconhecimento de substâncias**, e com a quebra há também a **regulação do metabolismo**, onde acontece a **permeabilidade seletiva**. O nome desse processo é **difusão facilitada**. Joana (T4FP1E67<sup>13</sup>)

#### ANÁLISE SEMÂNTICA

“A glicose encontra-se no meio externo, ou seja, no sangue, a insulina é alcançada<sup>14</sup> pela proteína receptora..”

---

<sup>12</sup> Passar do meio mais concentrado para o menos concentrado equivale ao item temático à favor do gradiente de concentração

<sup>13</sup> Joana é uma aluna da Turma 4 (T4), sexo feminino (F), que assistiu as aulas do Professor1 (P1) e corresponde ao estudante 67 da planilha de análise de dados (E67)

<sup>14</sup> O termo “a insulina é alcançada” utilizado pelo estudante pode ser entendido em termos de item temático como reconhecimento de substâncias

Reconhecimento de substâncias-**Pr/Ag**-Proteína receptora

“proteína receptora que sinaliza para a proteína transportadora(proteína integral) que captura a glicose...”

[proteína receptora **Ag/Pr** sinalizar] **Pr/Pc** Proteína transportadora

Proteína transportadora **Ag/Pr** captura **Pr/Pc** glicose

A glicose encontra-se no meio externo, ou seja, no sangue, a insulina é alcançada pela proteína receptora que sinaliza para a proteína transportadora(proteína integral) que captura a glicose, jogando dentro<sup>15</sup> da membrana e é quebrada pela insulina, onde há o reconhecimento de substâncias,

{[Insulina – Pc/Pr – reconhecimento de substância – Pr/Ag – Proteína Receptora – ag/Pr – ativação – Proteína transportadora – Ag/Pr – [ transporte de substância- Pr/Pc – Glicose] – It/Ad – [ glicose – Pc/Pr – quebrada – Pr/ag- Insulina]} - ? – reconhecimento de substância.

“e com a quebra há também a regulação do metabolismo, onde acontece a permeabilidade seletiva. O nome desse processo é difusão facilitada.”

[Glicose **Pc/Pr** quebrar **Pr/Ag** Insulina] **Cs/Cq** regulação de metabolismo **Cs/Cq** permeabilidade seletiva

[[Glicose **Pc/Pr** quebrar **Pr/Ag** Insulina]] **Cs/Cq** regulação de metabolismo **Cs/Cq** permeabilidade seletiva] **Sin** Difusão facilitada

Observamos que os termos em comum entre o discurso de sala de aula e a resposta escrita da estudante são: (1) glicose; (2) insulina; (3) proteína receptora; (4) proteína transportadora; (5) reconhecimento de substâncias e (6) difusão facilitada. Verifica-se que a estudante utilizou as suas próprias palavras para discorrer sobre o conteúdo de sinalização e transporte de substâncias, utilizando expressões e termos distintos daqueles que foram usados em sala de aula e são encontrados no livro didático, como por exemplo: proteína transportadora “captura” a glicose e “jogando” para dentro da membrana. Com relação ao conteúdo, a estudante diz que a insulina é alcançada pela proteína receptora (reconhecida), em seguida essa proteína sinaliza para proteína receptora sinaliza para transportadora capturar a glicose para o meio intracelular, dando a entender que existe um encadeamento entre os dois eventos, mas usa o termo sinaliza ao invés do termo ativar para designar o processo que ocorre com a proteína transportadora em consequência do reconhecimento de substâncias. Apesar de não estabelecer as relações semânticas condizentes com a linguagem da ciência escolar, percebemos que em sua fala há a ideia de que existem duas etapas a sinalização celular e o transporte de substâncias. Contudo a estudante há indícios que a estudante não se apropria do termo reconhecimento substâncias para explicar o processo de ativação das proteínas transportadoras

---

<sup>15</sup> A expressão jogando para dentro pode ser considerada como item temático transporte de substâncias.

a fim de que seja realizado o transporte de substâncias. Vale ressaltar que não fica claro o uso do termo difusão facilitada, pois ela pode estar estabelecendo relações semânticas com os termos mais próximos como apresentamos na análise, ou pode estar dizendo que tudo que foi dito por ela corresponde ao processo de difusão facilitada. Ela afirma equivocadamente que a insulina é o agente da quebra da glicose. A partir desse ponto as relações entre os termos ficam obscuras, pois aparentemente a estudante conectou as palavras sem estabelecer um sentido. Percebemos, assim, que a estudante confunde dois processos distintos, apesar de complementares, que ocorrem nas células: reconhecimento de substâncias e respiração celular.

O fato de Joana ter participado da aula e ter demonstrado ter se apropriado dos significados dos termos, estabelecendo entre eles relações semânticas que indicam a apropriação da linguagem da ciência escolar, isso não se refletiu em parte da sua resposta. Uma vez que não apresentou relações semânticas mais avançadas entre os itens temáticos que denotem semanticamente como se dá a conexão entre a estrutura da membrana, o reconhecimento de substância, a sinalização e o transporte de substâncias por meio da difusão facilitada. Entretanto, em sua fala há indícios que ela apesar de estabelecer a relações semântica de maneira condizente com o padrão temático da ciência escolar, tem ideia de que o processo de sinalização desencadeia o transporte de substâncias, que o transporte de glicose se dá por difusão facilitada, que na membrana há proteínas transportadoras e receptoras. Portanto, há indícios que este conhecimento encontra-se na zona de conhecimento proximal, e que, provavelmente, era necessário mais tempo para que fosse realizadas outras atividades pedagógicas em que, com apoio, a estudante pudesse relacionar semanticamente os itens temáticos, a fim de que pudesse se apropriar das relações semânticas entre eles e passar a usá-los de forma condizente com a linguagem da ciência escolar. Tais relações semânticas precisam de um nível de abstração maior, que pelo que observamos só acontece com a ajuda do professor. Estas atividades além de tratar mais explicitamente o padrão temático sobre o conteúdo que está sendo abordado na aula, necessita investir em estratégias que possibilitem que os estudantes explicitem melhor as suas ideias, tanto na fala quanto na escrita de forma que seja possível oportunizar ao professor ouvir quais as conexões semânticas estão sendo feitas no momento que o estudante usa seus próprios termos. De acordo com Lemke (1990 p46), na maior parte do tempo os padrões temáticos ficam implícitos no discurso de sala, uma vez que as estratégias de ensino fazem com que os alunos sejam inseridos na construção do padrão temático realizada pelo professor. Assim os estudantes tem poucas oportunidades de expressar o que eles

compreenderam do conteúdo, demonstrando por meio da linguagem quais as relações semânticas eles estabelecem entre os conceitos.

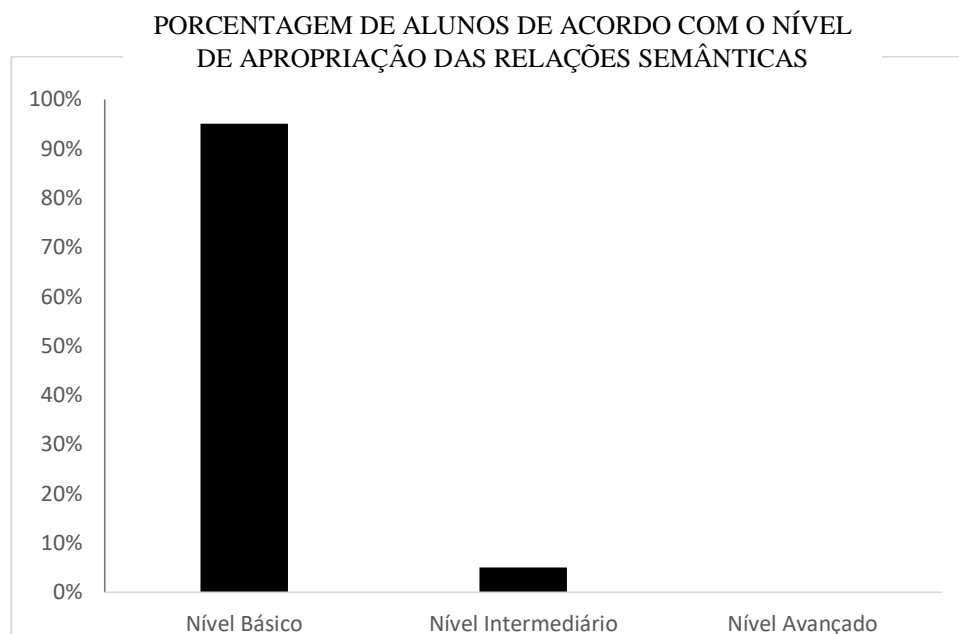


Gráfico 2: Porcentagem de estudantes que alcançaram os níveis básico; intermediários e avançados, considerando os pesos das hierarquias das relações semânticas

O gráfico 2 indica que a grande maioria dos estudantes atingiu apenas o nível básico das relações semânticas, ou seja, os estudantes da amostra aprenderam sobre a estrutura da membrana, mas não conseguiram estabelecer as relações entre as estruturas e função. Este achado é corroborado pelos resultados obtidos por Sarmiento et al. (2015), ao analisar questões de múltipla escolha que tratavam sobre o tema transporte de substâncias por meio da membrana.

O quadro 7 apresenta o percentual de estudantes que estabeleceram as relações semânticas conforme o padrão disponibilizado pela professora no espaço social da sala de aula. Como dito anteriormente as relações semânticas foram subdivididas em três hierarquias (básicas, intermediárias e avançadas).

As relações que fazem parte da categoria básica são: (1) Célula – Td/Prt – Membrana plasmática; (2) Membrana plasmática – Td/Prt – Proteína integral ; (3) Proteína integral – Cl/Mb – Proteínas receptoras; (4) Proteína integral – Cl/Mb – Proteínas transportadora e (6) Membrana plasmática – Ag/Pr – Transporte de substâncias.

As relações classificadas como intermediárias são: **(5)** Proteínas receptoras – Ag/Pr – Reconhecimento de substâncias; **(7)** Membrana plasmática – Td/Prt – Proteína integral – Ag/Pr – Difusão facilitada; **(9)** Membrana plasmática – Co/At – Permeabilidade seletiva; **(10)** Proteína transportadora – Pc/Pr – Ativação e **(13)** Transporte de substâncias – Pr/Mo – À favor do gradiente de concentração.

As demais são consideradas relações do nível avançado: **(8-** [Membrana plasmática – Td/Prt – Proteína integral – Ag/Pr – Difusão facilitada] Cs/Cq [Membrana plasmática – Ag/Pr – Transporte de substâncias]; **11-** [Proteína transportadora – Pc/Pr – Ativação] – Cs/Cq – [Membrana plasmática – Td/Prt – Proteína integral – Ag/Pr – Difusão facilitada]; **12-** [Proteínas receptoras – Ag/Pr – Reconhecimento de substâncias] – Cs/Cq – [Proteína transportadora – Pc/Pr – Ativação]; **15-** {[Proteínas receptoras – Ag/Pr – Reconhecimento de substâncias] – Cs/Cq – [Proteína transportadora – Pc/Pr – Ativação]} – Sin – Sinalização; **14-** [Transporte de substâncias – Pr/Mo – À favor do gradiente de concentração] – Cl/Mb – Difusão facilitada; **16-** {[Proteínas receptoras – Ag/Pr – Reconhecimento de substâncias] – Cs/Cq – [Proteína transportadora – Pc/Pr – Ativação]} – Cnd/It – Regulação do Metabolismo; **17-** Permeabilidade seletiva – It/Cnd – Transporte de substâncias; **18-** Permeabilidade seletiva- Cs/Cq- [Membrana- Ag/Pr- Transporte de Substância]; **19-** Reconhecimento de substâncias Cs/Cq {[Transporte de substâncias Pr/Mo à favor do gradiente de concentração] Sin Difusão Facilitada

Quadro 7- Percentual de estudantes que estabeleceram as relações semânticas de acordo com o padrão disponibilizado pela professora no espaço social da sala de aula

Relações semânticas	BÁSICAS					Intermediárias					Avançadas								
	1	2	3	4	6	5	7	9	10	13	8	11	12	15	14	17	16	18	19
Percentual	10%	12%	0%	0%	1%	16%	5%	6%	6%	0%	4%	3%	4%	0%	3%	1%	0%	0%	0%

Observa-se que de uma maneira geral os percentuais de congruência entre o padrão semântico apresentado no texto do estudante e o padrão disponibilizado pela professora no espaço social da sala de aula são baixos.

Os nossos dados apontam que os estudantes não utilizaram o item temático sinalização, conseqüentemente não estabeleceram as relações semânticas vinculadas a esse item, tal como representado no padrão temático elaborado por nós a partir da revisão da literatura e das

transcrições de sala aula ({[Proteínas receptoras – Ag/Pr – Reconhecimento de substâncias] – Cs/Cq – [Proteína transportadora – Pc/Pr – Ativação]}) – Sin – Sinalização), apesar de a professora ter mencionado o termo sinalização no discurso de sala de aula, relacionando-o ao processo de reconhecimento e transporte de substâncias como podemos observar no turno de fala retirado da aula sobre modelos de balsas da membrana:

Turno 1 Professora: a forma da glicose entrar na célula é graças esse mecanismo de sinalização celular junto com a ativação da molécula transportadora/certo?/se não tiver sinalização celular ativando a proteína transportadora não tem como a glicose entrar na célula/

Acreditamos que a ausência dessa relação se deve ao fato desse item não fazer parte do conjunto de palavras chaves que compunham a questão que gerou os textos que estão sob análise neste trabalho. Por meio dos nossos dados, podemos observar que muitos estudantes fazem, de acordo com a linguagem da ciência escolar, a relação semântica entre proteína receptora e o reconhecimento de substância, sendo para esta amostra a relação semântica que apresenta a maior frequência. Entretanto, notamos que poucos textos apresentam a relação semântica entre o processo de ativação e a proteína transportadora. Desta maneira, não ter o apoio para lembrar a palavra sinalização provavelmente dificultou que os estudantes estabelecessem de forma consciente e deliberada as relações de generalidade entre os conceitos que permitissem definir o termo sinalização, principalmente no que diz respeito a relação de causa e consequência (**Cs/Cq**) entre o processo de reconhecimento de substâncias realizado pelas proteínas receptoras e o processo de ativação das proteínas transportadoras.

Este é um indicativo de que a maioria dos estudantes além de não saber nomear o processo de sinalização, não consegue explicar de forma adequada como ele acontece. Apesar de alguns reconhecerem que existe uma relação entre o processo de reconhecimento de substâncias e o transporte de substâncias, contudo não elaboram uma explicação detalhada de como estes processos se relacionam. Isto fica claro quando observamos os percentuais de estudantes que construíram as relações semânticas 11 e 12, 3% e 4% respectivamente.

Nem todos os estudantes utilizaram o termo regulação do metabolismo, mas dentre os que usaram (80% da amostra total), 40% associaram a regulação do metabolismo, apenas, ao transporte de substâncias, ou afirmando que o transporte de substâncias causava a regulação do metabolismo (Transporte de substâncias -Cs/Cq- regulação do metabolismo) ou dizendo que a regulação do metabolismo era condicionada pelo transporte de substâncias (Regulação do metabolismo -Cnd/It- Transporte de substâncias). Outros estudantes (6%) vincularam a

regulação do metabolismo com o reconhecimento de substâncias, atribuindo a causa do primeiro ao reconhecimento de substâncias (Regulação do metabolismo-Cq/Cs-Reconhecimento de substâncias). As outras relações semânticas estabelecidas pelos estudantes com o termo regulação do metabolismo dizem respeito a proteínas serem os agentes da regulação do metabolismo (Proteínas-Ag/Pr- Regulação do metabolismo) ou a glicose ser o agente da regulação do metabolismo (Glicose-Ag/Pr- Regulação do metabolismo). Como podemos perceber no quadro, nenhum estudante da amostra conseguiu estabelecer as condensações semânticas conforme foi estabelecido no padrão temático da linguagem da ciência escolar. Entretanto, nota-se que eles já conseguem estabelecer o vínculo entre transporte de substâncias e regulação do metabolismo, o que é interessante do ponto de vista do pensamento biológico.

Outra relação que não foi encontrada no texto dos estudantes foi Transporte de substâncias – Pr/Mo– À favor do gradiente de concentração, ou seja, o modo como o transporte de substâncias ocorre, no caso da glicose, é à favor do gradiente de concentração. Alguns (10%) estabeleceram a relação semântica entre os itens difusão e à favor do gradiente de concentração utilizando o par Pr/Mo. Talvez este fato se deva a simplificação que ocorre em virtude do modo como eles acreditam que seja desnecessário alongar-se no texto definindo alguns termos importantes, a exemplo do termo difusão em que apenas alguns deixam claro que é um tipo de transporte ou modo como se dá o transporte. Isto por falta de experiência com escrita, uma vez que esse tipo de questão não é comum nas avaliações de nenhuma das disciplinas do primeiro ano dessa escola. Então eles são simplistas em suas explicações, possivelmente porque julgam desnecessário explicar o professor o que ele já sabe.

Uma vez que os estudantes não conseguiram estabelecer a relação do nível intermediário Transporte de substâncias Pr/Mo á favor do gradiente de concentração, era esperado que eles também não conseguissem do nível avançado Reconhecimento de substâncias Cs/Cq {[Transporte de substâncias -Pr/Mo- à favor do gradiente de concentração] Sin Difusão Facilitada, pois era um pré-requisito que o estudante soubesse estabelecer a relação intermediária para conseguir vinculá-la como sinônimo (Sin) da difusão e como uma consequência do reconhecimento de substâncias por meio do par semântico (Cs/Cs).

Não foi observada, também, a relação semântica Permeabilidade seletiva- Cs/Cq- [Membrana- Ag/Pr- Transporte de Substância]. Todavia, também, não foram observadas uma

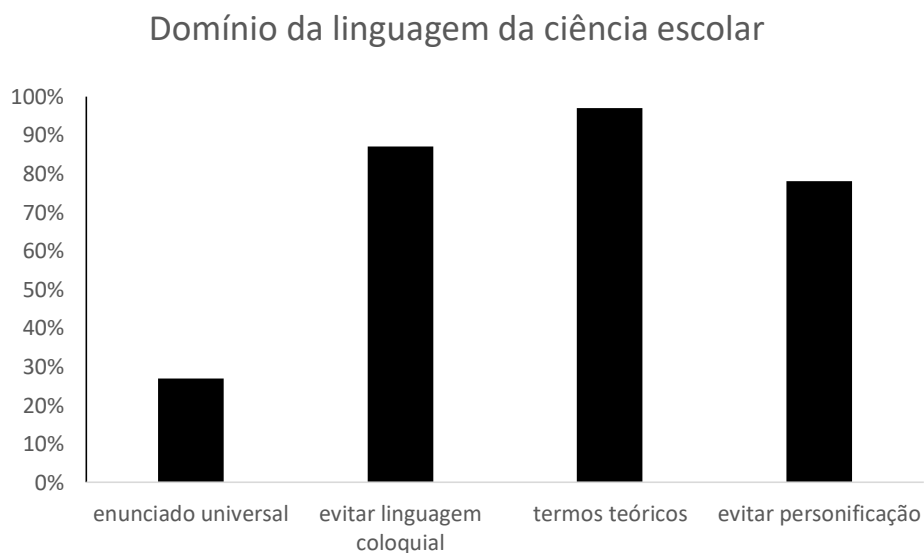


alta frequência de relações estabelecidas com o termo permeabilidade seletiva. Este pode ser um indício de que este termo não foi bem compreendido pelos estudantes.

Observa-se que as relações semânticas que aparecem com maior frequência nos textos dos alunos são aquelas relacionadas a função da membrana e aquela que trata sobre a função da proteína receptora, as demais relações semântica apresentam baixa frequência evidenciando um baixo índice de apropriação desse conteúdo.

## 2 Domínio da Linguagem

O domínio da linguagem averigua o quão próximo os textos dos alunos estão próximos da forma estilística padrão para a linguagem da ciência. Notamos que exceto pelo enunciado universal, o demais subcategorias apresentam valores acima de 60%.



**Gráfico 2:** Porcentagens de estudantes de acordo com os quatro indicadores (enunciado universal; evitar linguagem coloquial; uso de termos teóricos e evitar personificação) do domínio da linguagem da ciência escolar

Na questão que usamos para análise, como dito anteriormente, foram oferecidas 12 palavras-chave. A nossa análise indicou que os estudantes usaram em média 6 termos daqueles que foram oferecidos. No que se refere a quantidade de termos usados além daqueles que foram oferecidos como palavras-chave, a maioria dos estudantes usou o termo glicose, uma vez que a pergunta tratava-se especificamente do transporte dessa molécula. Observa-se que apenas 17% não utilizou nenhum termo além dos que foram oferecidos na questão e 22% dos estudantes usaram, os termos glicose e insulina. Somente, 6% dos estudantes usaram 3 ou mais termos

além dos que foram oferecidos na questão, dentre estes termos encontramos pâncreas, proteínas transportadoras ou carreadoras. Não foi evidenciado o uso de termos que não eram condizentes com o conteúdo referente a sinalização e transporte de substâncias.

No tocante ao uso de um enunciado universal, notamos, por meio do gráfico 1, que os estudantes apresentaram um baixo índice (27%) para este indicador em seus textos. Contudo, a questão que deu origem aos textos tratava especificamente da sinalização e transporte da glicose, portanto era particular, não havendo espaço para generalizações, a não ser que o transporte de qualquer molécula de glicose irá sempre ocorrer por difusão facilitada. Ainda, a análise do gráfico nos indica que, considerando os outros indicadores, os estudantes apresentavam o domínio da linguagem da ciência escolar. Entretanto, é preciso fazer algumas ressalvas visto que o uso dos termos teóricos eram obrigatório, pois tais termos faziam parte das palavras-chave que foram oferecidas na questão. Fica claro, então, que para um melhor uso da FAALSCE é preciso que os estudantes escrevam um texto sem e outro com palavras-chave, porque desta maneira, no texto sem palavras-chave, pode ser analisado melhor o domínio da linguagem porque os alunos usariam os termos que desejassem, assim poderíamos investigar a pertinência do uso do termo, ou seja, se ele está relacionado ao conteúdo e também poderíamos investigar como termos relacionam entre si.

Dentre os estudantes que fizeram uso de uma linguagem coloquial em seus textos, encontramos, ainda, expressões do tipo: “A difusão facilitada é quando uma molécula **pega carona** com outra molécula.” (Cassiane T1FP1E02) e “Pela difusão facilitada a glicose chega juntamente com as proteínas integrais agindo **como uma chave e um cadeado** nas proteínas receptoras gerando o reconhecimento de substância.” (Liz T3FP1E42). Hoffmann e Scheid (2007) defendem que as analogias são comuns no ensino de biologia estando presente, tanto na fala do estudante e professores como no texto do livro didático, tendo em vista que estas são utilizadas com intuito de melhor compreender ou explicar o objeto em estudo.

### **3 Uso do Termo**

O uso do termo fornece um indicativo se os alunos estão usando o termo de forma conceitual, ou seja de forma consciente e deliberada, indicando que houve apropriação do conceito e que este pode ser, portanto, utilizado nos mais diversos contextos.

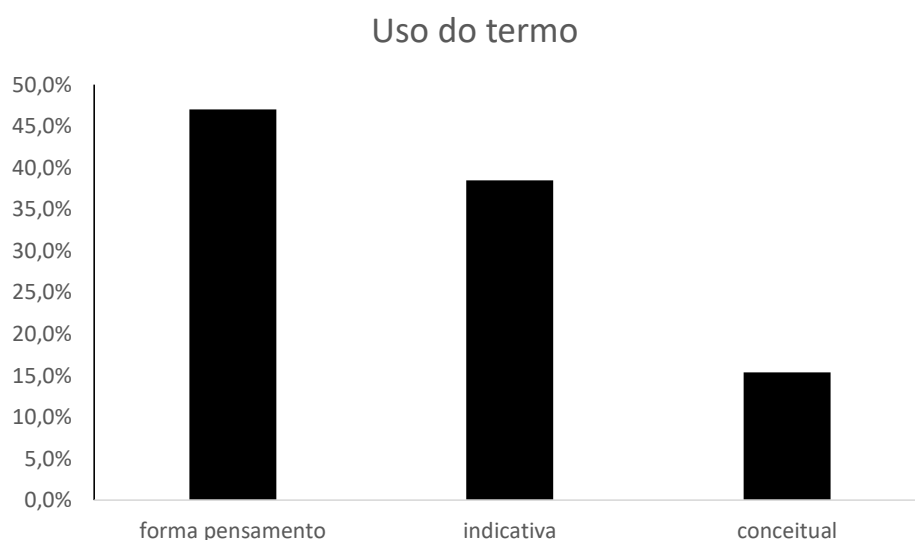


Gráfico 3: Percentagens de estudantes de acordo com a classificação do uso do termo proposta por Mortimer e Scott(2003)

Os resultados plotados no gráfico 1 indicam que 47% dos alunos utilizaram as palavras como forma de pensamento, ainda sendo impreciso no que diz respeito aos seus conceitos acerca dos processos de sinalização e transporte de substâncias, como podemos observar no texto de Diana apresentado abaixo.

A membrana tem uma permeabilidade seletiva, o que não permite que qualquer coisa atravesse à própria. A partir da difusão facilitada ocorre o transporte da glicose, nos fosfolipídios, passando do meio mais concentrado, tudo isso é recebido (aceito) pelas proteínas receptoras, após o reconhecimento da substância ,para que haja a regulação do metabolismo.

Diana (T4FP1E68)

Nota-se que a estudante sabe que o transporte da glicose se dá por meio da difusão facilitada, acontecendo à favor do gradiente de concentração, bem como sabe que o transporte de substâncias é condicionado pelo reconhecimento de substâncias que é realizado pelas proteínas receptoras. Entretanto, não explica de forma precisa o processo de sinalização nem a importância deste processo para transporte de substâncias, além de não mencionar o papel das proteínas no transporte de substâncias. em verdade a estudante fala de forma equivocada que o transporte da glicose ocorre nos fosfolipídios.

Os estudantes que usaram os termos de forma indicativa (38%), utilizaram as palavras para nomear processos ou objetos sem o menor compromisso conceitual. Como pode ser exemplificado pelo uso dos termos no texto escrito pelo estudante Juvêncio apresentado a seguir:

Ocorre o transporte por meio da difusão facilitada passando pela proteína receptoras chegando na membrana plasmática ocorrendo logo regulação do metabolismo e por fim chegar a célula.

Juvêncio (T5MP1E76)

Neste caso vemos claramente que falta coerência no texto, parece que o estudante apenas usou verbos para estabelecer ligação entre os termos sem o menor sentido.

Somente 15% dos estudantes da amostra fizeram o uso conceitual do termo, evidenciando por meio do texto a apropriação da palavra, utilizando-a de forma consciente e deliberada, como é possível observar no texto de Berenice.

O pâncreas produz a insulina que entra na célula e por meio das proteínas receptoras (age como uma chave), desencadeando reações na célula por meio de informações para o reconhecimento de substâncias podendo ativar as proteínas transportadoras (integrais); a glicose que já passou pela permeabilidade podendo atravessar a membrana plasmática, uma substância polar que com a utilização de proteínas carregadoras atravessam do meio mais concentrado, sangue, para o meio menos concentrado (a célula) (membrana) (núcleo), caracterizado a difusão facilitada sem gasto de energia e proporcionando a regulação de todo o metabolismo.

Berenice(T3FP1E32)

A estudante inicia o texto dizendo que a insulina é produzida no pâncreas, contudo fala que a insulina entra na célula, o que é equivocado do ponto de vista da linguagem da ciência escolar. Ela continua dizendo, de forma correta, que as proteínas receptoras são responsáveis pelo reconhecimento de substâncias, o que desencadeia reações que causam a ativação das proteínas transportadoras. Na sequência, a estudante diz que as substâncias atravessam a membrana, logo o transporte de substância se dá através da membrana plasmática, uma relação semântica que não havia sido pensada anteriormente. Diz, também, que proteínas integrais condicionam o transporte de substância. É uma forma de falar que é condizente com a linguagem da ciência escolar, visto que a ausência das proteínas integrais fazem com que substâncias, como a glicose, não atravessem a membrana. O transporte de substâncias se dá à favor do gradiente de concentração, conforme dito pela estudante e este tipo de transporte é denominado de difusão facilitada. Ao final, ela faz a associação de forma correta entre reconhecimento de substâncias, transporte de substâncias e regulação do metabolismo.

É importante notar que o fato de haver sido dadas palavras-chave, que deveriam ser usadas obrigatoriamente no texto, é importante para essa análise, pois nos dá a clara dimensão de como o estudante está usando cada um dos termos.

#### **4 Ressignificação**

A ideia ressignificação está atrelada a compreensão dialógica de Bakhtin, povoar o discurso com as suas próprias palavras seria um indicativo de compreensão do conteúdo.

Os nossos dados evidenciam que 83% dos estudantes ressignificaram o discurso sobre o transporte da glicose e sinalização. Dito de outra maneira, a maioria dos estudantes usou suas próprias palavras para falar sobre o processo de sinalização e transporte da glicose. Consideramos que os estudantes não ressignificaram quando eles apenas utilizaram os conectivos para estabelecer relações entre as palavras sem nenhuma preocupação com um sentido lógico ou com o conceito das palavras, a exemplo do texto Islanda, apresentado a seguir:

A célula é protegida pela membrana plasmática, envolvida pelas proteínas receptoras e as proteínas integrais e tem o reconhecimento de substâncias e regulação do metabolismo. Por isso, ela tem uma difusão facilitada junto com a permeabilidade seletiva na membrana plasmática.

Islanda(T3FP1E36)

Neste texto, observa que a estudante não ressignificou o discurso da ciência escolar, uma vez que os termos estão sendo usados de maneira aleatória sem expressar nenhum significado coerente.

No texto de Nilzete, abaixo, podemos identificar claramente a importância da análise do padrão temático, uma vez que observamos que a estudante ressignificou o discurso; demonstrou que tinha domínio da linguagem da ciência escolar, considerando os 4 indicadores desta dimensão da FAALSCE. Contudo o seu texto não apresenta relações semânticas condizentes com a linguagem da ciência escolar.

A glicose é transportada pelo sangue até as células, nas células a glicose precisa da ajuda das proteínas integrais. Só que a entrada da glicose tem todo um mecanismo como: a molécula de insulina que também é transportada pelo sangue, pela difusão facilitada, adentra a célula, aí ocorre o reconhecimento de substâncias que ativa a outra proteína por onde entra a glicose; que logo será quebrada e transformada em ATP.

Nilzete (T3FP1E37)

## **5 Construção do padrão temático da linguagem ciência escolar**

O padrão temático estabelece a maneira como os itens temáticos se relacionam semanticamente uns com os outros quando falamos de acordo com a ciência escolar sobre um determinado tema. A sua elaboração é, portanto uma etapa fundamental para a análise da apropriação da linguagem social da ciência escolar. Vale ressaltar que para cada tema alisado

será um padrão diferente, então a FAALSCE não é uma ferramenta de análise pronta e acabada, mas ela deve ser reelaborada a cada tema, em virtude dos diferentes itens temáticos existentes para cada conteúdo, bem como as relações semânticas estabelecidas entre eles. Neste sentido, é importante que o padrão temático, tanto para textos acerca de temas da Biologia Funcional quanto da Biologia Evolutiva, seja cuidadosamente elaborado visto que deve ser fiel ao que foi disponibilizado em sala de aula.

Logo, o padrão temático precisa ser construído durante o planejamento da aula, tomando como base livros didáticos e acadêmicos, sendo que em assuntos controversos é importante deixar claro tanto a corrente de pensamento que foi adotada para falar sobre o tema como mencionar a existência de outras. Tal padrão deve ser tomado como base para que o professor organize a sua fala. Entretanto, o discurso do professor nem sempre vai conter todas as relações presentes no padrão temático baseado nos livros e, por vezes os vícios de linguagem do professor fazem com que algumas relações semânticas sejam modificadas.

Neste trabalho não temos exemplos de divergência entre o padrão temático estabelecido pelos livros didáticos e acadêmicos e aquele construído pela professora em sala de aula, pois a professora se esforçou e, de acordo com os episódios transcritos, conseguiu manter-se fiel ao padrão temático para sinalização e transporte de glicose estabelecido pelos livros. Todavia, Sepulveda (2010), em sua tese de doutorado, pôde observar, que a professora, em seus enunciados, usou o termo variação ora para designar variação morfológica lato sensu ora como sinônimo de diversificação (“**3. Professora:** Destes organismos unicelulares com variações incríveis/ do reino plantae/ animais/ Por que existe essa variação? E por que é que apresentam tamanhos e formas tão variáveis? Vocês imaginam/ por que que isso ocorre?”), ora como sinônimo de diversidade ou diversificação, (“**23. Professora:** A cada ambiente. Certo/ a depender da adaptação a cada ambiente/ ele vai apresentar ou não essa variação/ seria isso?”). Este uso de forma indiscriminada do termo variação com os sentidos de diversidade ou diversificação de espécies, ou ainda mudança, pode contribuir para a tendência dos estudantes de confundir as noções de variação intrapopulacional, a presença de variantes fenotípicas em uma população, e variação interespecífica, a diferenciação entre espécies. Entretanto para a construção do padrão temático teríamos que aceitar como correto do ponto de vista da linguagem da ciência escolar as relações semânticas *Variação Sin Variação Morfológica e Variação Sin Diversidade*.

Por isso, é importante que as aulas sejam gravadas e transcritas para que se possa capturar a maneira como o professor fala sobre ciência. Uma vez que o professor é o mediador

da construção do conhecimento do estudante, sendo a palavra o meio material pelo qual o significado é mediado, a sua maneira de falar vai influenciar diretamente na apropriação do conteúdo pelo estudante. De acordo com Vigotski, a palavra tem um papel constitutivo no pensamento (Vygotski, 2001).

As relações semânticas entre os itens temáticos do padrão temático que será usado para análise devem corresponder às usadas pelo professor para falar sobre o tema. Desta maneira, é possível comparar com maior grau de confiabilidade, as relações semânticas entre os itens temáticos estabelecidos pelos estudantes com aquelas que estão presentes no padrão temático, a fim de responder questões acerca da apropriação do conhecimento sobre o tema pelo estudante.

Assim, é interessante que sejam seguidos alguns passos para a construção do padrão temático, conforme propusemos na metodologia: (1) construção de um padrão temático a fim de apoiar o planejamento do professor; (2) gravação das aulas e transcrições dos episódios; (3) comparar os padrões do discurso do professor e dos livros para fazer as devidas alterações; (4) acrescentar ou retirar relações semânticas para construir o padrão temático da linguagem da ciência escolar, aquele que será comparado a fala do estudante.

## **6 Construção das hierarquias**

As hierarquias são determinadas a partir do conhecimento tácito do professor, do conteúdo dos livros didáticos e com base na literatura do ensino de ciências que aponta as dificuldades para o ensino do tema, bem como as divergências semânticas dos estudantes relacionadas ao conteúdo.

Tomando como base as ideias de Vigotski de que os conceitos se relacionam uns com os outros formando uma rede que se torna mais complexa à medida que são feitas novas relações de cunho semântico entre os conceitos previamente aprendidos, de forma que estes últimos são usados para definir, comparar, discriminar e estabelecer relações lógicas com o novo conceito, considera-se, então, o nível mais básico as relações semânticas mais fáceis e que envolvem uma quantidade menor de itens temáticos. No caso deste trabalho, que trata do tema e transporte de glicose através da membrana, colocamos neste nível as relações semânticas que versavam sobre a estrutura da membrana. No nível intermediário colocamos as relações semânticas que associavam a estrutura a sua função. No nível avançado estão presentes as relações lógicas

condicionais e de causa/consequência que explicam o processo de sinalização e sua relação com processo de transporte da glicose.

Nota-se que para qualquer conteúdo, seja para Biologia Funcional ou Biologia Evolutiva, haverá estas hierarquias de relações semânticas. Por isso, é importante que o pesquisador e os professores fiquem atentos neste sentido, a fim de discriminar cada uma para o seu respectivo nível usando critérios claros e fundamentados na literatura e no conhecimento docente.

O número de níveis hierárquicos irá mudar de acordo com o tema e requer uma busca aprofundada por referências que tratem sobre as dificuldades na aprendizagem do conteúdo que está sendo pesquisado. As relações semânticas entre os conceitos que apresentarem maior grau de abstração, conseqüentemente de dificuldade, deverão fazer parte dos níveis mais avançados enquanto aquelas que são mais concretas ou mais facilmente compreendidas devem compor o nível básico.

O uso de hierarquias permite, também, investigar se há relação de dependência entre a apropriação das relações semânticas de cada nível. Contudo acreditamos que isso só pode ser realizado se triangularmos o discurso de sala de aula com o texto do estudante, pois, se tomarmos como base apenas o texto, só analisamos uma parte, podendo, desta maneira, incorrer em erros de interpretação. Analisando os textos dos estudantes sobre sinalização e transporte de glicose através da membrana, notamos que há estudantes que utilizaram apenas relações semânticas do nível intermediário e avançado, isso poderia conduzir a uma inferência equivocada que não há essa relação de pré-requisito entre as hierarquias, mas quando analisamos o discurso de sala de aula, observando os turnos de fala dos estudantes, percebemos que houve uma apropriação das relações entre os itens temáticos do nível básico, a qual proporcionou que no momento da avaliação o estudante escrevesse um discurso utilizando somente as relações do nível intermediário e avançado. A seguir apresentamos o exemplo de Nora.

“A insulina se fixa nas **proteínas receptoras** e ela ativa a **proteína integral** na qual ativa o **transporte** e a proteína integral e captura e joga para dentro da **célula**.”

Nora<sup>16</sup> (T5FP1E75)<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup> Usamos codinomes para nos referir aos estudantes

<sup>17</sup> Codificação T5FP1E75 significa T5 Turma E; F feminino; P1 professor 1; Estudante 75 (esse número corresponde a posição do estudante na planilha que usamos para a análise)



A estudante usou quatro itens temáticos: (1) Proteínas receptoras; (2) Proteínas integrais; (3) Transporte de substâncias e (4) Célula. Neste texto, observa-se as seguintes relações entre os itens temáticos:

Proteínas receptoras Ag/Pr Reconhecimento de substâncias

Proteína integral Pc/Pr Ativação

[Proteínas receptoras Ag/Pr Reconhecimento de substâncias] Cs/Cq [Proteína integral Pc/Pr Ativação]

[[Proteínas receptoras Ag/Pr Reconhecimento de substâncias] Cs/Cq [Proteína integral Pc/Pr Ativação]] Cs/Cq [Proteína integral Ag/Pr Transporte de substâncias]

Transporte de substâncias Pr/Lo Célula

A estudante utiliza suas próprias palavras para se expressar sobre o conteúdo a que se refere a questão. Entretanto, não estabelece a relação entre a membrana e o transporte de substâncias, assim não fala sobre a estrutura da membrana plasmática. Além disso, ela não menciona qual o tipo de transporte. Inicia seu texto dizendo que as proteínas receptoras reconhecem as substâncias e que isto causa a ativação das proteínas integrais. Todo este processo, por sua vez causa o transporte de substâncias para o meio intracelular. As duas primeiras relações fazem parte do nível intermediário. E as duas últimas estão relacionadas ao nível avançado. A aluna não responde completamente a questão pelos motivos mencionados acima, mas demonstra ter um conhecimento aprofundado sobre o processo. Esse texto, da forma como foi escrito indica que não existe uma relação de dependência que estabeleça como pré-requisito a aprendizagem do nível anterior para poder avançar no conhecimento em termos de hierarquias das relações semânticas. Desta maneira o estudante pode construir relações do tipo intermediário e avançado mesmo sem falar sobre o nível básico. Contudo, as falas da estudante em sala de aula durante período de aplicação da SD sobre membrana plasmática, como as que são apresentadas a seguir, indicam que a estudante havia se apropriado das relações básicas.

Analisar somente o que o estudante escreveu, sem olhar para a sua participação em sala de aula pode ocasionar uma compreensão equivocada da construção do seu conhecimento. Caso tenha-se apenas os textos escritos pelos estudantes,, tem-se que tomar cuidado com as conclusões acerca da construção do conhecimento, apropriação do conteúdo, pois, durante as aulas, o estudante pode ter demonstrado que havia compreendido relações semânticas consideradas como básicas.

## 7 Modo de falar e relações semânticas

Em nossos resultados percebemos que os alunos estabeleceram relações entre os itens temáticos que não foram previstas, pois não faziam parte do padrão temático que nós estabelecemos com base nos livros acadêmicos e didáticos e no discurso de sala de aula.

Uma relação muito comum no discurso dos estudantes que fizeram parte da amostra é: Transporte de substâncias Pr/Med Membrana Pr/Med Proteínas, ou seja, ele diz que o transporte de substâncias acontece através da membrana por meio de proteínas. Quando elaboramos o padrão temático não havíamos pensado nessa relação semântica, além disso no momento que nos deparamos com o teor desse texto tivemos problema para determinar qual a relação semântica existia entre os termos transporte de substância e membrana. No glossário apresentado por Lemke (1990), a relação que mais se aproxima é Pr/Med. Contudo neste enunciado a membrana não é ao mesmo tempo sujeito e paciente, como no exemplo apresentado pelo autor que é “o jarro caiu”, mas o transporte acontece através dela, ela é o meio por onde as substâncias se deslocam para dentro ou para fora da célula. Então, medium está sendo encarado aqui como o meio em que ocorre o processo, no caso o transporte de substâncias.

Fica claro que a relação entre esses dois termos depende muito da maneira como a pessoa fala. Apesar de não representar a forma mais comum do discurso da professora em sala de aula, observamos que em uma das turmas, durante a aula sobre doenças relacionadas a desequilíbrio da membrana plasmática, a explicação do processo de sinalização e transporte de glicose foi elaborada conforme os turnos de fala apresentados a seguir:

Turno 1 - Professora : no momento que a insulina é produzida é levada pelo sangue até as células / quando chega nas células um receptor de membrana/uma proteína de membrana/ se fixa na insulina/ quando o receptor de membrana se fixa na insulina/ acontece um monte de reação química dentro da célula /são reações em cadeia uma reação vai puxando outra/aí essas reações químicas que acontecem aqui dentro da célula/ estimulam essa proteína de membrana/ verdinha aqui (mostra o slide)/ que é uma proteína transportadora/*essa proteína de membrana agora estimulada/ transporta glicose do meio extracelular para o meio intracelular/ do meio mais concentrado para o meio menos concentrado/através de uma proteína/ esse tipo de transporte é difusão simples ou facilitada?/*

Turno 2- Alunos: Facilitada

Turno 3- Professora: facilitada/ perfeito/ porque esta sendo feito com o **auxílio de uma proteína transportadora/**

Pode-se notar, no turno de fala 1, que a professora faz duas relações semânticas diferentes entre os itens temáticos transporte de substâncias e proteínas. Quando a professora fala “essa proteína

de membrana agora estimulada/ transporta glicose do meio extracelular para o meio intracelular”, ela está se referindo a proteína transportadora como agente do transporte de substâncias (Proteína Transportadora Ag/Pr Transporte de Substância). Em seguida, a professora diz: “do meio mais concentrado para o meio menos concentrado/através de uma proteína”, expressando que a proteína é o meio por onde ocorre o transporte de substância (Transporte de substância Pr/Med Proteína), o que é condizente com a relação semântica entre o termos transporte de substâncias e proteínas estabelecida por muitos estudantes em seus textos. No turno de fala 3, a professora fala: “ facilitada/ perfeito/ porque esta sendo feito com o **auxílio de uma proteína transportadora**”, dando a ideia de que o transporte de substâncias é condicionado pela proteína transportadora ( Transporte de substância Cnd/It Proteínas). Então, devemos considerar como apropriada qualquer uma destas relações entre estes dois termos.

Ademais, ao falar sobre transporte de substância Lopes e Rosso (2005 p 65) escrevem:

“A difusão facilitada também é um processo passivo que ocorre **através das membranas lipoprotéicas**. Neste tipo de difusão, algumas proteínas de membrana, chamadas permeases, **atuam facilitando a passagem de certas substâncias ...**”

Quando interrogada sobre essa fala, a professora disse que apesar do uso da palavra através, o sentido que ela queria imprimir na frase é que a substância é transportada pela proteína, logo a proteína seria o agente do transporte. A professora disse, também, que o auxilia, que dá a ideia de que a proteína é um condicionante do processo de transporte de substâncias, também estaria sendo usado para designar que a proteína é o agente do processo de transporte de substâncias.

Análise das relações semânticas entre os termos transporte de substâncias e membrana plasmática indica que a relação estabelecida pelos estudantes está em consonância com a linguagem da ciência escolar, uma vez que tanto no texto do livro didático quanto no texto do estudante é estabelecida a mesma relação semântica, a qual indica que a membrana plasmática é o meio por onde ocorre o transporte de substâncias (Transporte se substância Pr/Med Membrana plasmática).

Observa-se que muitos estudantes não estabelecem a relação semântica entre os itens temáticos proteínas, transporte e difusão conforme deveriam ser construídas no padrão da linguagem da ciência escolar acerca deste conteúdo. De acordo com padrão temos que a proteína integral faz parte da membrana plasmática e é o agente do processo de difusão

facilitada (Membrana plasmática – Td/Prt – Proteína integral – Ag/Pr – Difusão facilitada); a ativação da proteína transportadora faz com que esta proteína, que faz parte da membrana, seja agente da difusão facilitada ([Proteína transportadora – Pc/Pr – Ativação] – Cs/Cq - [Membrana plasmática – Td/Prt – Proteína integral – Ag/Pr – Difusão facilitada]) e difusão é um membro de uma classe de transporte de substâncias que ocorre à favor do gradiente de concentração ([Transporte de substâncias – Pr/Mo – À favor do gradiente de concentração] – Cl/Mb – Difusão facilitada). Todavia, os estudantes, utilizando estes mesmos itens temáticos, constroem relações semânticas menos elaboradas a exemplo de:

“A membrana plasmática é formada por proteínas receptoras e integrais (que facilitam a difusão)” Monalisa (T1FP1E03)

[Proteínas receptoras It/Ad Proteínas Integrais] It/Cnd difusão facilitada ;

“A glicose passa pela célula pelo processo de difusão facilitada passando pelas proteínas integrais chegando as proteínas receptoras [...]” Nilton (T3MP1E46)

[Transporte de substâncias Pr/Mo difusão facilitada] Pr/ Med Proteínas integrais;

“[...]o processo de substâncias atravessando os fosfolipídios pelas proteínas recebe o nome de difusão facilitada [...]” Kate (T2FP1E19)

[Transporte de Substâncias Pr/Med Proteínas] Sin Difusão facilitada ;

“[...] proteínas integrais que criam um tipo de passagem que ali contém proteínas receptoras, para assim o reconhecimento de substâncias, assim ocorrendo a difusão seletiva e a facilitada com a passagem de glicose no tubo de proteínas havendo regulação do metabolismo.” Greice (T5FP1E74)

[Proteínas receptoras Ag/Pr Reconhecimento de substâncias]Cs /Cq Difusão facilitada;

“[...] elas entrarão e atravessarão pelas proteínas integrais, por meio de difusão facilitada, permitindo a entrada de glicose na célula para que possa haver regulação do metabolismo.” Martim (T2MP1E20)

Transporte de substâncias Pr/Med Proteínas integrais Pr/Mo Difusão facilitada;

A partir da difusão facilitada ocorre o transporte da glicose nos fosfolipídios passando do meio mais concentrado [...]Diana (T4FP1E68)

[Transporte de substâncias Pr/mo Difusão facilitada] Pr/mo à favor do gradiente de concentração;

“Para adentrar a célula, ocorre a permeabilidade seletiva aonde ocorre o reconhecimento de substâncias (glicose), aonde entra na célula pela difusão facilitada” Josias (T4MP1E58)

[reconhecimento de substâncias] Cs/Cq [transporte de substâncias Pr/Mo difusão facilitada]

Notamos, no discurso construído em sala de aula apresentado abaixo, que em especial, no turno 3, a professora deixa claro que tanto as proteínas transportadoras quanto as receptoras auxiliam

no transporte da glicose, o qual se dá por difusão facilitada. Se inferirmos que auxiliar e facilitar estão relacionados a condicionar, então de acordo com a linguagem social da ciência escolar é correto estabelecer a relação semântica conforme percebemos no texto de Monalisa ([Proteínas receptoras It/Ad Proteínas Integrais] It/Cnd difusão facilitada), considerando que a difusão facilitada é condicionada pelas proteínas.

Turno 1 Professora: [...]qual é a molécula da estrutura da membrana que auxilia no transporte de glicose?/

Turno 2 Alunos: proteínas

[burburinho na sala porque esta foi uma das questão do teste/ muitos dizem que acertaram]

Turno 3 Professora: proteínas/ **sejam elas proteínas transportadoras ou proteínas receptoras** / todas elas auxiliam

É possível perceber, também, que alguns estudantes consideram que a difusão é sinônimo de um transporte de substâncias mediado por proteínas. Considerando o par Pr/Med pode designar de forma correta a relação semântica entre os termos transporte de substância e proteína integrais, então pode-se dizer que a relação semântica apresentada por Kate ([Transporte de Substâncias Pr/Med Proteínas] Sin Difusão facilitada) está correta do ponto de vista da linguagem social da ciência escolar.

Outros dizem que a difusão facilitada é o modo como ocorre o transporte de substâncias que acontece através das proteínas integrais. Eles falam também que a difusão facilitada é o modo como ocorre o transporte de substâncias através das proteínas. Além disso, é possível observar que outros estudantes dizem que a difusão facilitada é o modo como acontece o transporte de substâncias à favor do gradiente de concentração.

Professora: O transporte realizado pelas permeases não deixa de ser um processo de difusão: as substâncias estão em maior concentração no meio externo e sua tendência natural é mesmo entrar na célula, onde estão menos concentradas. A permease apenas facilita essa entrada e a célula não gasta energia com isso. **O transporte realizado pela permeases é denominado difusão facilitada, como a difusão simples e a osmose é um tipo de transporte passivo.**

Nota-se, também, que alguns estudantes escrevem que o reconhecimento de substâncias realizado pelas proteínas receptoras faz com que ocorra a difusão facilitada.

Levando em conta que as proteínas receptoras, que fazem parte da membrana, realizam o reconhecimento de substâncias, então é compatível com a linguagem da ciência escolar estabelecer a relação semântica representada pelo par Pr/Loc para os itens temáticos

reconhecimento de substâncias e membrana, dizendo que o local onde ocorre o processo de reconhecimento de substâncias é a membrana, como exemplificado no texto abaixo.

“[...]dentro da membrana ocorre o reconhecimento das substâncias, ocorre regulação do metabolismo[...]” Lurdes (T3FP1E41)

Reconhecimento de substâncias Pr/Loc Membrana

Nos textos apresentados abaixo, percebe-se que os estudantes falam que a permeabilidade seletiva é um condicionante para que ocorra a regulação do metabolismo. Em consonância com a fala dos estudantes, numa revisão de literatura que discute a obesidade nos aspectos relacionados aos hábitos nutricionais, sedentarismo e resistência à insulina, Pereira e colaboradores (2003) argumentam que as mudanças na estrutura da membrana plasmática provocadas pela obesidade, principalmente relacionadas a saturação dos lipídios, interferem na permeabilidade seletiva da membrana plasmática e que isto condiciona modificações em relação do metabolismo da glicose e dos lipídios. Então, as relações semânticas estabelecidas entre os itens temáticos pelos estudantes estão de acordo com a linguagem da ciência escolar.

Com a difusão facilitada com a permeabilidade seletiva fazendo por fim a regulação do metabolismo. Gutemberg (T1MP1E01)

[Permeabilidade seletiva It/Ad difusão facilitada] It/Cnd Regulação do metabolismo

“Quando a permeabilidade falha alguns nutrientes em excesso entram em nosso organismo e nossa célula, mudando a regulação do metabolismo [...]” Túlio (T5MP1E73)

Permeabilidade seletiva It/Cnd Regulação do metabolismo

Outra relação semântica comumente estabelecida pelos estudantes é que o transporte de substâncias causa a regulação do metabolismo como pode ser exemplificado pelos textos de Dorival e Kate.

“A glicose precisa entrar na célula pela membrana plasmática para regular o metabolismo **para isso acontecer a célula precisa reconhecer a substância que vai entrar por ela pela proteína receptora.** Dorival (T2MP1E25)

[[Transporte de substâncias Pr/Loc célula] Pr/Med Membrna plasmática] Cs/Cq regulação do metabolismo ]Cnd / It reconhecimento de substâncias

“e com a ajuda da insulina ela (glicose) entra na célula por sua vez há regulação do metabolismo.” Kate (T2FP1E19)

Transporte de substâncias Cs/Cq Regulação do metabolismo

## 8 Análise Qualitativa

### 8.1 Caracterização das categorias

(1) Estrutural – (1.1) os estudantes estabelecem somente relações semânticas que indicam que entenderam a estrutura da célula, compreendendo que a membrana é um dos seus componentes ( ex: “**A célula tem a membrana plasmática ...**” Viriato (T1MP1E09)); (1.2) os estudantes estabelecem apenas relações que indicam que compreenderam a estrutura da membrana, referindo-se as proteínas como um dos componentes dessa estrutura ( ex: “...[ glicose]penetra a célula da membrana plasmática, **com suas proteínas integrais e receptoras, fazendo assim o reconhecimento de substâncias...**” Gutemberg (T1MP1E01)); (1.3) os estudantes por meio das relações semânticas estabelecidas em seu texto dão indícios de que se apropriaram somente do conteúdo referente a estrutura da célula e da estrutura da membrana ( ex: “**A membrana plasmática, presente na célula, possui proteínas receptoras e proteínas integrais que ajudam no transporte da glicose para...**” Lídia (T4FP1E65);

(2) Atributo da Membrana Plasmática- observa-se no texto dos estudantes que há apenas relações semânticas condizentes com a linguagem da ciência escolar relativas aos itens membrana e permeabilidade seletiva, indicando que esta última é um atributo da membrana “ex: ...dizemos que uma das **características da membrana é a permeabilidade seletiva.**” Godofredo (T4MP1E51)) ;

(3) Função das Estruturas da Membrana - (3.1) nota-se por meio das relações semânticas estabelecidas pelos estudantes que eles se apropriaram apenas da função da proteína receptora que é o reconhecimento de substâncias (ex: “**Para o transporte de glicose para dentro da célula é preciso que a insulina vá para a proteína receptoras, para que possa ter o reconhecimento de substâncias que irão entrar na célula..**” Mirlus (T2MP1E20)) ; (3.2) observa-se que os estudantes compreenderam somente que a proteína transportadora é ativada “ex:...quando **proteínas integrais são ativadas ocorre a difusão facilitada...**” Vilário (T1MP1E17));

(4) estrutura da célula; atributo da membrana e função das estruturas da membrana (4.1) o texto do estudante traz que a membrana é um componente da célula; que a membrana tem como atributo a permeabilidade seletiva e que as proteínas receptoras têm como função o reconhecimento de substâncias. (ex: “**A célula possui membrana plasmática que possui a permeabilidade seletiva, através desse fenômeno as proteínas receptoras fazem o reconhecimento de substâncias ...**” Sílvio (T1MP1E16);

(5) sinalização - no texto dos estudantes há somente referência ao processo de ativação das proteínas transportadoras como uma consequência do reconhecimento de substâncias (ex: A glicose entra na célula através da membrana plasmática sendo que primeiro as proteínas integrais tem que ser ativadas pelo hormônio insulina que é como uma chave que se conecta nas proteínas receptoras, assim fazendo o reconhecimento de substâncias...”Montesquieu (T3MP1E35) );

(6) transporte de substâncias- (6.1) observa-se no texto que os estudantes dizem que as proteínas integrais fazem parte da membrana, atuando como agentes do processo de difusão (ex: “...*passando pelas proteínas integrais, fazendo a difusão facilitada...*”Tábata (T1FP1E15)) ;

(6.2) os estudantes fazem referência no texto ao reconhecimento de substâncias pelas proteínas receptoras e menciona que as proteínas integrais fazem parte da membrana, atuando como agentes do processo de difusão (ex: *Nós temos uma proteína receptora que ao detectar a presença do hormônio insulina, envia uma mensagem de aviso para a proteína integral , avisando que ela pode liberar que a glicose adentre a célula, fazendo assim o seu papel. se tratando de substâncias que passam pelas proteínas, dizemos que esse processo foi por difusão facilitada...*” Miralvo (T2MP1E21)); (6.3) os estudantes mencionam a permeabilidade seletiva como um atributo da membrana, bem como dizem que as proteínas integrais fazem parte da membrana, atuando como agentes do processo de difusão, considerando que isso é a causa da membrana plasmática realizar o transporte de substâncias, a exemplo do texto de Alejandro (T2MP1E29) “A membrana é responsável pela permeabilidade seletiva, a célula reguladora do metabolismo, usando proteínas integrais pela difusão facilitada, usando proteínas receptoras para o reconhecimento de substâncias”

(7) sinalização e transporte de substâncias – (6.1) os estudantes se apropriaram da relação entre o reconhecimento de substâncias e o transporte da glicose; (6.2) os estudantes além de estabelecerem uma relação entre reconhecimento e o transporte de substâncias, ainda definem esse transporte, explicitando que é a difusão facilitada, a qual ocorre a favor do gradiente de concentração.

(8) Não estabeleceu relações de acordo com a ciência escolar.

Estas categorias estão condizentes com a abordagem organizacional do conceito de função biológica. Na categoria 1 são enquadrados os textos dos alunos que descrevem a estrutura da membrana, ou seja, como o sistema é diferenciado. Em seguida, na categoria 2, observamos a presença no texto do atributo da membrana que faz com que ela tenha a capacidade de manter as concentrações diferentes de



solutos e solventes no meio intra e extracelular. As categorias seguintes tratam sobre a relação entre a estrutura e a função, explicando de uma maneira cada vez mais detalhada como se dá os processos regulatórios que provocam ou condicionam a função de transporte de substâncias, especificamente a glicose, realizada pela membrana.

### *8.3 Resultados e discussão*

O padrão temático da linguagem da ciência escolar construído a partir do conteúdo dos livros didáticos e acadêmicos, bem como da análise do discurso disponibilizado no plano social da sala de aula, é composto por conteúdos sobre membrana (localização, composição e atributos); sinalização (reconhecimento de substâncias por meio de proteínas receptoras e a consequente ativação das proteínas transportadoras); transporte de substâncias através da membrana plasmática; difusão facilitada (proteínas transportadoras agentes do processo de transporte de substâncias à favor do gradiente de concentração, o qual é denominado de difusão facilitada); as relações entre os três conteúdos citados anteriormente, e pôr fim a relação entre transporte de substâncias através da membrana e a regulação do metabolismo.

Abaixo apresentaremos um diagrama para cada categoria (figuras 06 a 14) discutindo-o em termos de aprendizagem dos conteúdos. Nos textos que usamos como exemplo, destacamos em **negrito** os itens temáticos e a relação que o estudante fez corretamente.

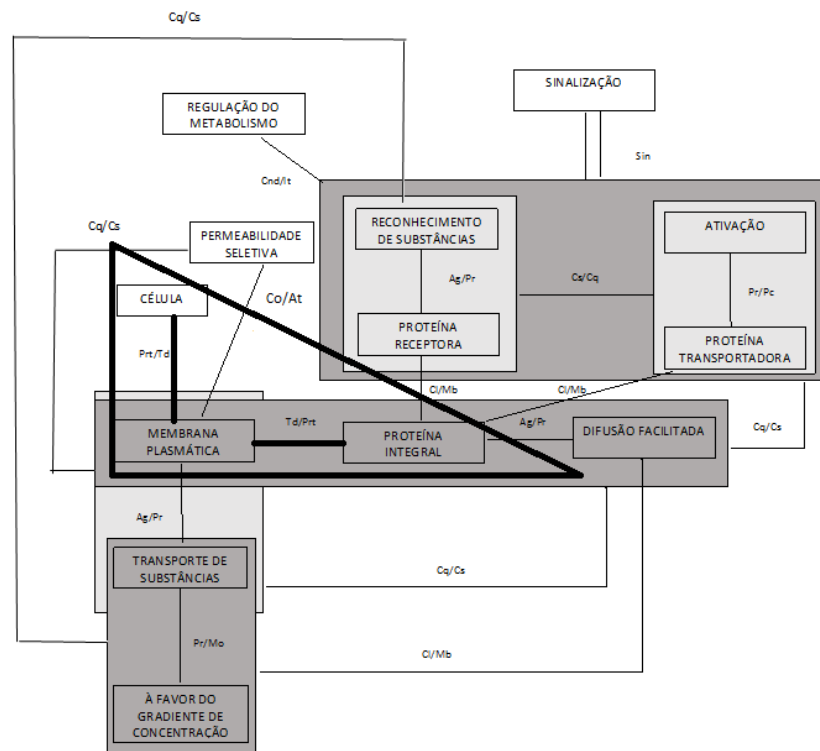


Figura 5: Representa as relações semânticas presentes no texto dos estudantes referentes categoria 1 (estrutural)

A maioria dos estudantes que construiu relações semânticas condizentes com a linguagem da linguagem da ciência escolar podem ser enquadrados na Categoria 1- Estrutural, a qual traz relações entre estruturas sem mencionar as suas funções, estabelecendo as relações entre a célula e a membrana plasmática ou entre as proteínas integrais e a membrana plasmática ou construindo estas duas relações. Um exemplo é o texto de Inácio (T3MP1E49).

“A célula precisa de glicose e ela consegue essa glicose através das **proteínas receptoras presentes na membrana plasmática**, com reconhecimento de substâncias a proteína receptora “suga” a glicose realizando a difusão facilitada.”  
Inácio (T3MP149)

#### ANÁLISE SEMÂNTICA

‘A célula precisa de glicose e ela consegue essa glicose através das proteínas receptoras...’

[Célula Ag/ Conseguir glicose] Pr/Med proteínas receptoras

“...**proteínas receptoras presentes na membrana plasmática**,...”

**Proteínas receptoras Prt/Td Membrana plasmática**

“...com reconhecimento de substâncias a proteína receptora “suga” a glicose realizando a difusão facilitada.”

Reconhecimento de substâncias It/Cnd[ Proteína receptora Ag/ Pr sugar glicose] Cs/Cq difusão facilitada

Nota-se que o estudante ressignifica a linguagem da ciência escolar, usa termos teóricos e que a estilística usada por ele se afasta daquela que é própria da ciência, uma vez que há em seu discurso a personificação (“a célula precisa”) e uso de linguagem coloquial (“a proteína receptora suga a glicose”). No tocante ao conteúdo, o estudante pensa que a difusão facilitada é realizada pelas proteínas receptoras que estão presentes na membrana. De acordo com a linguagem da ciência escolar, apesar da função da proteína receptora não ser a de realizar a difusão facilitada, estas proteínas são componentes estruturais da membrana plasmática. Logo, deve haver um maior investimento dos professores no ensino das funções das estruturas da membrana plasmática, bem como na explicação do processo de sinalização e transporte de substâncias, pois estes conteúdos parecem ser mais difíceis para aprender.

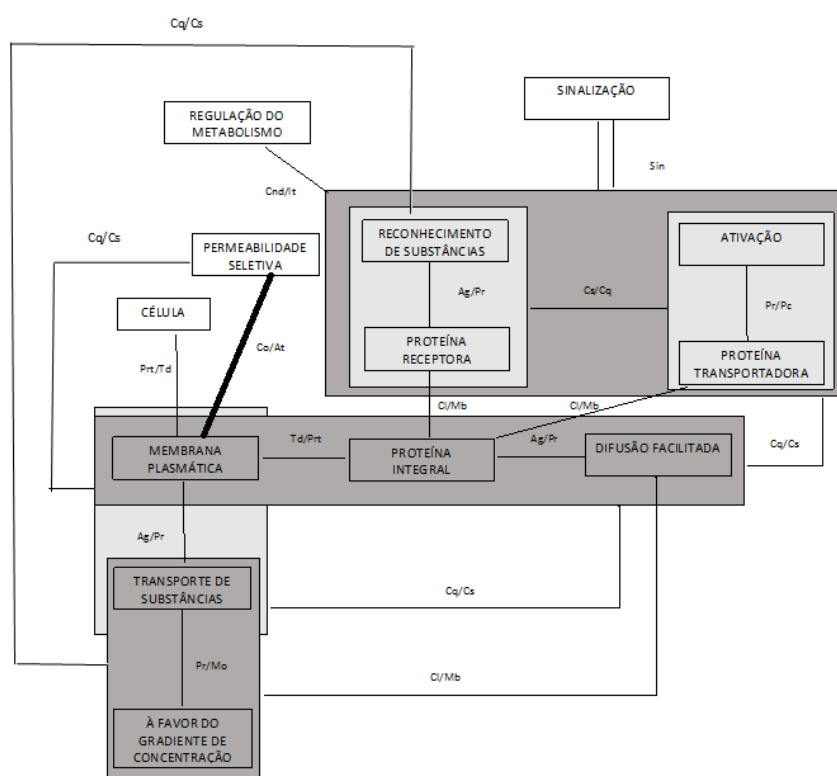


Figura 6 :Representa as relações semânticas presentes no texto dos estudantes referentes categoria 2

A permeabilidade seletiva como um atributo da membrana foi a relação semântica encontrada no texto do estudante que caracteriza a categoria 2. Destacamos como exemplo o texto de Godofredo (T3MP1E51).

**O transporte da glicose** é feita após a ingestão da insulina que para adentrar na célula é aberto um canal que conduz depois ao **reconhecimento de substâncias**, as **proteínas integrais e receptoras** são agentes na **regulação do metabolismo** na

**membrana plasmática** e nisso dizemos que uma das características da membrana é a **permeabilidade seletiva**.

#### *ANÁLISE SEMÂNTICA*

“O transporte da glicose é feita após a ingestão da insulina que para adentrar na célula...”

Transporte de substâncias Pr/Loc célula

“...O transporte da glicose é feita após a ingestão da insulina que para adentrar na célula é aberto um canal que conduz depois da do reconhecimento de substâncias as proteínas integrais e receptoras são agentes na regulação do metabolismo na membrana plasmática...”

Ingestão de insulina It/Cnd abertura do canal Cs/Cq reconhecimento de substâncias

Proteínas integrais It/Ad Proteínas receptoras Ag/Pr Regulação do Metabolismo Pr/Loc Membrana]

**“...dizemos que uma das características da membrana é a permeabilidade seletiva.”**

#### **Membrana Co/Atr Permeabilidade seletiva**

Observamos que o estudante ressignifica a linguagem da ciência escolar, utiliza os termos teóricos; usa uma estilística próxima da linguagem da ciência. O estudante afirma de maneira equivocada que a insulina entra na célula, sendo que a partir desse processo um canal é aberto, o que conduz ao reconhecimento. Além disso, de forma diversa do padrão da linguagem da ciência escolar, o estudante diz que proteínas integrais e proteínas receptoras são agente na regulação do metabolismo da membrana plasmática. Se pensarmos no conceito de função a partir de uma perspectiva orgânica, temos, em verdade, que a função desempenhada por essas proteínas constrange a regulação do metabolismo celular. O estudante encerra o texto dizendo que a permeabilidade seletiva é uma característica da membrana plasmática. Observa-se, portanto, que a relação semântica estabelecida neste período entre os itens temáticos permeabilidade seletiva e membrana plasmática é a única condizente com o padrão da linguagem da ciência escolar. Parece que ele compreendeu apenas esta relação. Logo, as demais relações semânticas entre os itens temáticos precisariam ser retomadas em outro momento para que o estudante conseguisse se apropriar de todo o conteúdo relativo a sinalização e transporte de substâncias.

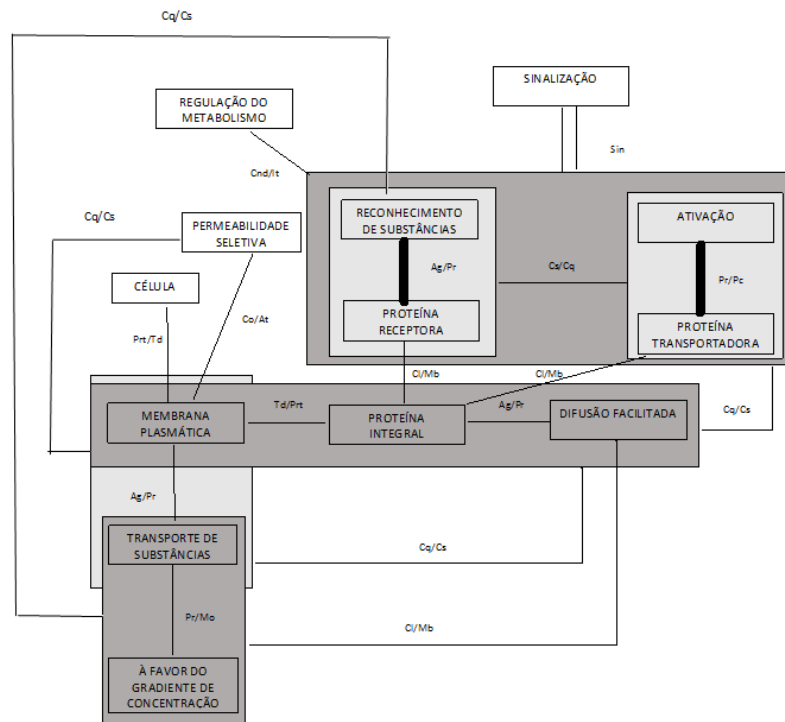


Figura 7: Representa as relações semânticas presentes no texto dos estudantes referentes categoria 3 (Função das estrutura membrana )

A categoria 3, também, apresentou uma grande frequência entre as respostas dos estudantes. Nesta categoria foram classificados os textos que apresentavam, de forma correta, apenas, as relações semânticas relativas a função da proteína receptora ou a ativação da proteína transportadora. Um exemplo pode ser encontrado no texto de Vladimir (T3MP1E50):

As **proteínas receptoras** recebem a insulina, há o **reconhecimento de substâncias** para que a glicose entre na célula com a **permeabilidade seletiva**, esse fenômeno é chamado de **difusão facilitada**. Vladimir (T3MP1E50)

#### ANÁLISE SEMÂNTICA

“As proteínas receptoras recebem a insulina...”

Proteínas receptoras **Ag/Pr** receber insulina

“...há o reconhecimento de substâncias para que a glicose entre na célula...”

[Proteínas receptoras **Ag/Pr** receber insulina] **Cs/Cq** [Reconhecimento de substâncias]

“...há o reconhecimento de substâncias para que a glicose entre na célula com a permeabilidade seletiva, esse fenômeno é chamado de difusão facilitada.”

[Proteínas receptoras **Ag/Pr** receber insulina] **Cs/Cq** [Reconhecimento de substâncias] **It/ Cnd** [ glicose **Ag/Pr** entrar **Pr/Mo** Permeabilidade seletiva] **Sin** difusão facilitada

Observamos que o estudante ressignifica a linguagem da ciência escolar, utilizando suas próprias palavras para falar sobre o tema, a exemplo As **proteínas receptoras** ‘recebem’ a

insulina...”; usa os termos teóricos; utiliza uma estilística próxima da linguagem da ciência. Acerca do conteúdo, notamos que o estudante sabe que as proteínas receptoras tem a função de reconhecer substâncias, como é o caso da insulina. Não há referências as relações semânticas básicas, que estão relacionadas a estrutura da célula e membrana, também n relações semânticas avançadas que denotam a compreensão das conexões entre as proteínas da membrana, sinalização e transporte de substâncias. Vladimir diz que o reconhecimento de substâncias condiciona a entrada de glicose na célula por meio da permeabilidade seletiva. Ele finaliza o texto dizendo que esse processo é denominado de difusão facilitada. Há a compreensão de que a glicose é transportada por meio da difusão facilitada e que é necessário que ocorra o reconhecimento da insulina para que o transporte da glicose ocorra. Apesar dessas ideias estarem presentes neste texto, as relações semânticas entre os itens temáticos não correspondem aquelas presentes no padrão temático da linguagem da ciência escolar. Novamente, há indícios que o conhecimento se encontra na zona de desenvolvimento proximal, uma vez que percebemos que as conexões semânticas entre os conceitos não foram plenamente internalizadas.

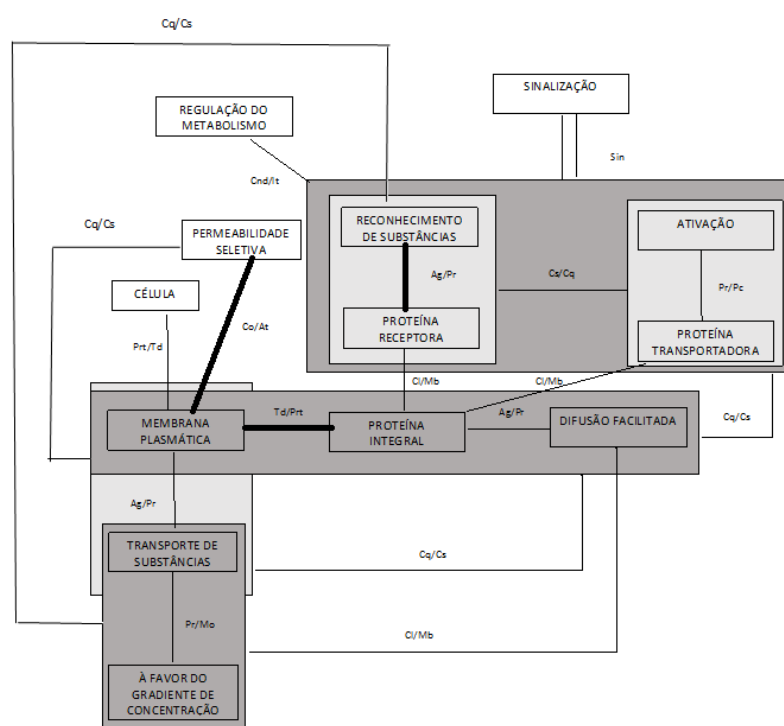


Figura 8: Representa as relações semânticas presentes no texto dos estudantes referentes Categoria 4 .

Apenas o texto de Sílvio, apresentado abaixo, foi classificado na categoria 4, na qual notamos que o estudante se apropriou do conhecimento que diz respeito a: (1) composição da célula, afirmando que a membrana é uma parte do todo que é a célula; (2) a permeabilidade seletiva é um atributo da membrana e (3) ao reconhecimento de substâncias realizado pelas proteínas.

A **célula** possui **membrana plasmática** que possui a **permeabilidade seletiva**, através desse fenômeno as **proteínas receptoras** fazem o **reconhecimento de substâncias** e a **difusão facilitada**, assim temos a **regulação do metabolismo**. *Sílvio (TIMPIE16)*

*ANÁLISE SEMÂNTICA*

**“A célula possui membrana plasmática”**

**Célula Td/Pr Membrana plasmática**

**“que possui a permeabilidade seletiva”**

**Membrana plasmática Co/At Permeabilidade seletiva**

**“através desse fenômeno as proteínas receptoras fazem o reconhecimento de substâncias** e a difusão facilitada, assim temos a regulação do metabolismo.

**Proteínas receptoras Ag/Pr Reconhecimento de substâncias**

Proteínas receptoras Ag/Pr Difusão facilitada

{[Proteínas receptoras **Ag/Pr** Reconhecimento de substâncias] It/Ad [Proteínas receptoras Ag/Pr Difusão facilitada]} Cs/Cq Regulação do metabolismo

No texto, percebemos que o estudante ressignifica utiliza as suas próprias palavras, usa os termos teóricos e a estilística é próxima da linguagem da ciências. Apesar de escrever um texto bastante pequeno e não conseguir estabelecer as relações semânticas mais avançadas, relacionando a estrutura da membrana, o reconhecimento de substâncias, a sinalização e o transporte de substâncias, nota-se que o texto do estudante pode ser enquadrado na categoria 4, pois consegue fazer as seguintes relações de acordo com a linguagem da ciência escolar: Célula **Td/Pr** Membrana plasmática; Membrana plasmática **Co/At** Permeabilidade seletiva; Proteínas receptoras **Ag/Pr** Reconhecimento de substâncias,. Em seu discurso, ele atribui, de forma equivocada, a proteína receptora a agência do processo de difusão facilitada, desconsiderando todas as etapas do processo e o papel da proteína transportadora no processo de difusão facilitada. Ademais, afirma que a causa da regulação do metabolismo é o transporte de substâncias. Além de conseguir expressar como se dá efetivamente o transporte de substâncias e não sabe estabelecer as conexões entre os conceitos de forma a explica como este contribui para regulação do metabolismo.

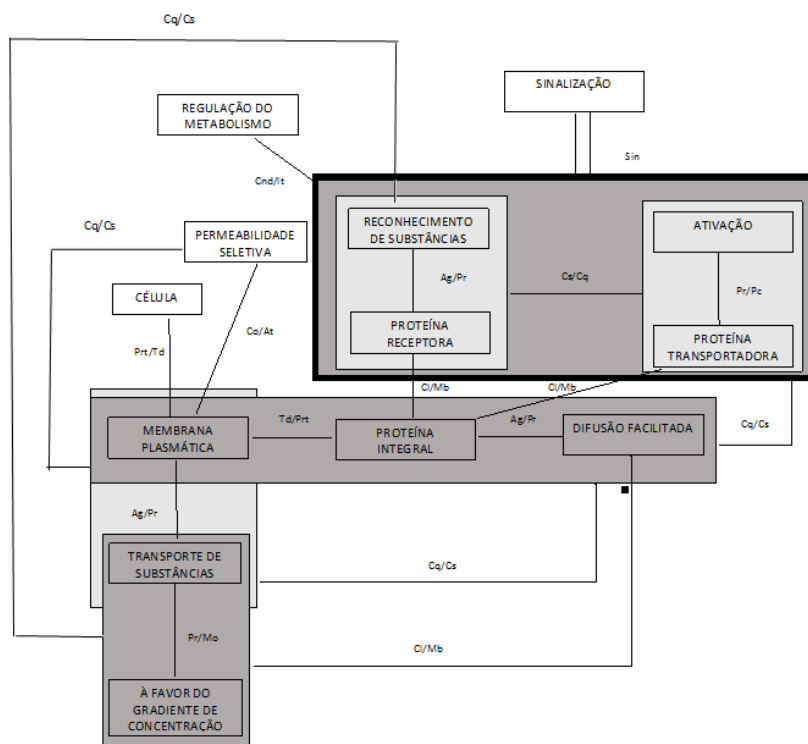


Figura9: Representa as relações semânticas presentes no texto dos estudantes referentes Categoria 5 .

Somente o texto de Montesquieu, apresentado abaixo, foi classificado na categoria 5, a qual trata sobre o processo de sinalização, apontando o transporte de substâncias como uma consequência do reconhecimento de substâncias.

A glicose entra na **célula** através da **membrana plasmática** sendo que primeiro as **proteínas integrais** tem que ser ativadas pelo hormônio insulina que é como uma chave que se conecta nas **proteínas receptoras**, assim fazendo o **reconhecimento de substâncias**, depois que ela entra na célula e acontece a quebra de glicose que é liberada em gás carbônico fazendo a **regulação do metabolismo**, tudo isso através do processo de **difusão facilitada...**Montesquieu (T3MP1E35) );

*ANÁLISE SEMÂNTICA*

**“A glicose entra na célula através da membrana plasmática”**

Transporte de substâncias Pr/Med Membrana plasmática

**“sendo que primeiro as proteínas integrais tem que ser ativadas pelo hormônio insulina que é como uma chave que se conecta nas proteínas receptoras, assim fazendo o reconhecimento de substâncias depois que ela entra na célula”,**

Proteínas integrais (receptoras) Pc/Pr Ativação

**Proteínas receptoras Ag/Pr Reconhecimento de substâncias**

**[Proteínas receptoras Ag/Pr Reconhecimento de substâncias] Cs/Cq Transporte de substâncias**



“ e acontece a quebra de glicose que é liberada em gás carbônico fazendo a regulação do metabolismo, tudo isso através do processo de difusão facilitada

{[Glicose Med/Pr Quebra] Pr/Rs Regulação do Metabolismo} Pr/Mo Difusão facilitada

O texto do estudante indica que ele compreendeu que o transporte se dá através de substâncias da membrana, que as proteínas receptoras reconhecem as substâncias e que o transporte de substâncias é uma consequência do reconhecimento de substâncias (insulina). Ele diz de forma equivocada que a quebra da glicose resulta na regulação do metabolismo. Em verdade, a quebra de glicose é um dos processos que constrange a regulação do metabolismo. Outro equívoco é que ele confunde o processo de respiração celular com a difusão facilitada, deixando claro que conhece essas palavras, mas não se apropriou, ainda, desses conceitos.

Na categoria 6 foram classificados os textos dos estudantes que apresentam indícios de que os estudantes compreenderam o processo de transporte de substâncias. A subcategoria 6.1 encerra as relações semânticas que mencionam que as proteínas integrais fazem parte da membrana e são agentes do processo de difusão facilitada. Outra subcategoria 6.2 engloba a subcategoria anterior e acrescenta o conhecimento de que a proteína receptora reconhece as substâncias. A subcategoria 6.3 inclui as relações semânticas pertencentes a subcategoria 6.1 acrescida do conhecimento de que a permeabilidade seletiva é um atributo da membrana plasmática. A partir dessa categorização já é possível dizer que há indícios que conhecer as relações semânticas presentes que na subcategoria 6.1 é um pré-requisito para que as inclusas nas subcategorias sejam construídas, então, à priori, compreender o transporte da glicose requer entender que as proteínas integrais fazem parte da membrana e que elas são agentes da difusão facilitada. Assim, parece que a FAALSCE pode fornecer indícios de como está sendo construído o conhecimento. A seguir apresentaremos um exemplo de cada subcategoria.

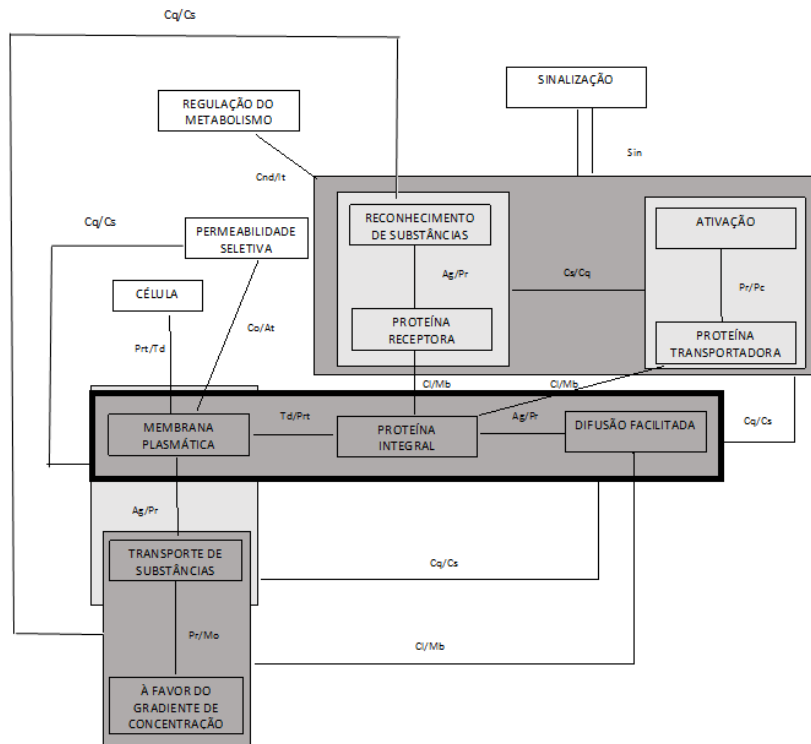


Figura 10: Representa as relações semânticas presentes no texto dos estudantes referentes Subcategoria 6.1 .

O texto de Tábata representa a subcategoria 6.1; .

A **membrana plasmática** possui vários tipos de moléculas, **proteínas**, lipídios, fosfolipídios. As **células** são responsáveis para levar a glicose até o sangue até chegar às **proteínas receptoras** para reconhecer a substância, **regulação do metabolismo**, passando pelas **proteínas integrais**, fazendo a **difusão facilitada** e a **permeabilidade seletiva** para a glicose ser quebrada e a pessoa não desenvolver a diabetes tipo II. Tábata (T1FP1E15)

#### ANÁLISE SEMÂNTICA

“A **membrana plasmática** possui vários tipos de moléculas, **proteínas**, lipídios, fosfolipídios

#### **Membrana plasmática Td/Prt Proteína**

Membrana plasmática Td/Prt Lipídios

Membrana plasmática Td/Prt Fosfolipídios

As células são responsáveis para levar a glicose até o sangue até chegar às proteínas receptoras para reconhecer a substância regulação do metabolismo, passando pelas proteínas integrais, fazendo a difusão facilitada e a permeabilidade seletiva para a glicose ser quebrada e a pessoa não desenvolver a diabetes tipo II.

Célula Ag/Pr Transporte de glicose

Proteínas receptoras Ag/Pr Reconhecimento de substâncias (glicose)

{[**Proteínas integrais Ag/ Pr Difusão facilitada**] It/Ad [Proteínas integrais Ag/ Pr Permeabilidade seletiva]} Cs/Cq Quebra da glicose

A estudante faz referência aos componentes da membrana, fosfolipídios, proteínas e lipídios, tais relações foram elaboradas no padrão geral de membrana. Isto evidencia que houve a compreensão da estrutura do modelo do mosaico fluído da membrana. Ela afirma que a proteína receptora é responsável pelo reconhecimento celular e que as proteínas integrais fazem a difusão facilitada. Diz, também, que a célula é agente do transporte de substâncias, neste caso ela desconsidera o papel da membrana plasmática neste processo. Outro equívoco desta natureza é Proteínas integrais Ag/ Pr Permeabilidade seletiva, agora, ela faz o contrário toma a parte pelo todo, pois é a membrana que tem a propriedade da permeabilidade seletiva e não as proteínas que fazem esse papel. Não fica claro no texto se é a difusão facilitada e a permeabilidade seletiva que permitem a entrada de glicose e essa posteriormente será quebrada ou se estes processos causam a quebra da glicose. De qualquer maneira a aluna não explica cada uma das etapas do transporte de glicose através da membrana.

O texto de Alejandro (T2MP1E29) representa a categoria 6.2

A **membrana** é responsável pela **permeabilidade seletiva**, a célula **reguladora do metabolismo**, usando proteínas integrais pela **difusão facilitada**, usando **proteínas receptoras** para o **reconhecimento de substâncias** Alejandro (T2MP1E29)

*ANÁLISE SEMÂNTICA*

**A membrana é responsável pela permeabilidade seletiva**

**Membrana plasmática Ag/Pr Permeabilidade seletiva**

a célula reguladora do metabolismo, usando proteínas integrais pela difusão facilitada, usando proteínas receptoras para o reconhecimento de substâncias

[célula Ag/Pr Regulação do Metabolismo] Pr/Mo [**Proteínas integrais Ag/Pr Difusão facilitada**] It/Ad [**Proteínas receptoras Ag/Pr Reconhecimento de substâncias**]

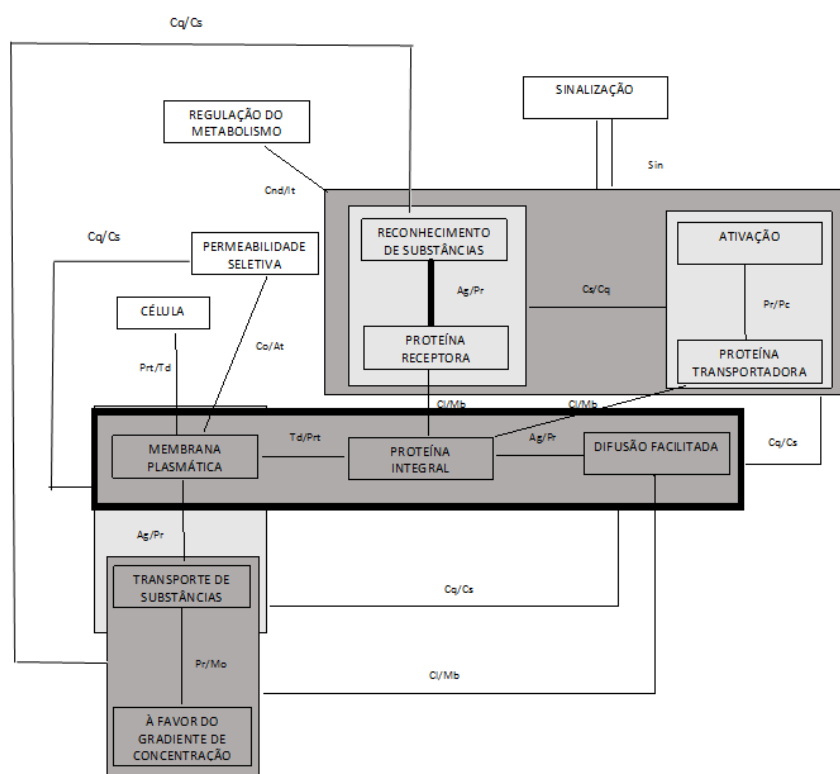


Figura 11: Representa as relações semânticas presentes no texto dos estudantes referentes Subcategoria 6.2 .

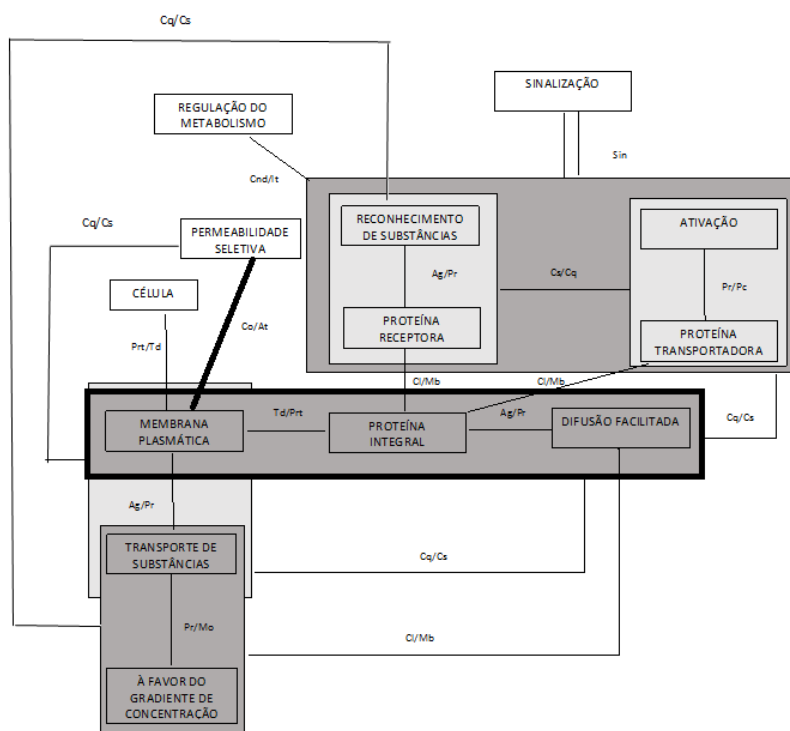


Figura 12: Representa as relações semânticas presentes no texto dos estudantes referentes Subcategoria 6.3.

O texto de Gibson (T3MP1E34) está inserido na categoria 6.3.

A **membrana plasmática** possui propriedade da **permeabilidade seletiva**, ideal para a **regulação do metabolismo**. O **transporte da glicose** é dada pelas **proteínas transportadoras**, o que é chamado de **difusão facilitada**.

#### *ANÁLISE SEMÂNTICA*

“A membrana plasmática possui propriedade da permeabilidade seletiva, ideal para a regulação do metabolismo.”

Membrana Plasmática Co/At Permeabilidade seletiva

Permeabilidade seletiva Cnd/It Regulação do metabolismo

“O transporte da glicose é dado pelas proteínas transportadoras, o que é chamado de difusão facilitada.”

[Proteínas transportadoras Ag/Pr Transporte de substância] Sin Difusão facilitada

O estudante inicia o texto falando que a permeabilidade seletiva é um atributo da membrana plasmática. Ele diz que a permeabilidade seletiva condiciona a regulação do metabolismo. As proteínas transportadoras são responsáveis pelo transporte de substância, sendo que isso é chamado de difusão facilitada, entretanto essa relação semântica não foi pensada anteriormente apesar de estar de acordo com a linguagem da ciência escolar.

Na categoria 7 foram inseridos o texto dos dois estudantes que obtiveram os maiores scores considerando as todas as relações e os pesos atribuídos as hierarquias. Cada texto foi classificado em uma subcategoria distinta. Mas, novamente, percebemos que de alguma forma há um caminho para construção do conhecimento. A subcategoria 7.1 tem como base a subcategoria 6.1 acrescido do conhecimento de que as proteínas receptoras realizarem o reconhecimento de substâncias é a causa da ativação da proteína transportadoras, o que, por sua vez é a causa da proteína integral presente na membrana realizar a difusão facilitada. Na subcategoria 7.2, encontra-se todos as relações semânticas existentes na subcategoria 7.1 acrescentada das relações semânticas referentes classificação da difusão como um transporte de substâncias à favor do gradiente de concentração.

O texto de Marivaldo (T2MP1E21) está inserido na categoria 7.1.

Nós temos uma **proteína receptora** que ao detectar a presença do hormônio insulina, envia uma mensagem de aviso para a **proteína integral**, avisando que ela pode liberar que a glicose adentre a **célula**, fazendo assim o seu papel. se tratando de substâncias que passam pelas proteínas, dizemos que esse processo foi por **difusão facilitada** e não simples, onde ocorreria na bicamada.

#### *ANÁLISE SEMÂNTICA*

“Nós temos uma proteína receptora que ao detectar a presença do hormônio insulina, envia uma mensagem de aviso para a proteína integral, avisando que ela pode liberar que a glicose adentre a célula, fazendo assim o seu papel”

Proteína receptora Ag/Pr Reconhecimento de substâncias (ao detectar presença da insulina)

Proteína integral Pc/Pr Ativação (envia uma mensagem de aviso para a proteína integral)

{[Proteína receptora Ag/Pr Reconhecimento de substâncias] Cs/Cq [Proteína integral Pc/Pr Ativação]} Cs/Cq [Proteína integral Ag/Pr Transporte de substâncias]

“Se tratando de substâncias que passam pelas proteínas, dizemos que esse processo foi por difusão facilitada e não simples, onde ocorreria na bicamada.

[Transporte de substâncias Pr/Med Proteínas] Sin Difusão facilitada

O estudante explica todas as etapas do transporte da glicose. Diz que a proteína receptora é agente do processo de reconhecimento de substâncias, que a proteína integral sofre ativação e que esse segundo processo é consequência do primeiro. Além disso, afirma que a condensação destas relações semânticas é a causa do transporte da proteína integral. Na sequência, ele define difusão facilitada como substâncias que passam pelas proteínas, ou seja, Transporte de substâncias Pr/Med Proteínas. Esta não era uma relação semântica esperada, mas é condizente com o padrão temático da linguagem da ciência escolar. Isto permite dizer que houve ressignificação, assim como “Nós temos uma proteína receptora que ao detectar a presença do hormônio insulina, envia uma mensagem de aviso para a proteína integral, avisando que ela pode liberar que a glicose adentre a célula, fazendo assim o seu papel”, pois é uma linguagem que se aproxima da cotidiana, contudo em termos conceituais coaduna com linguagem científica.

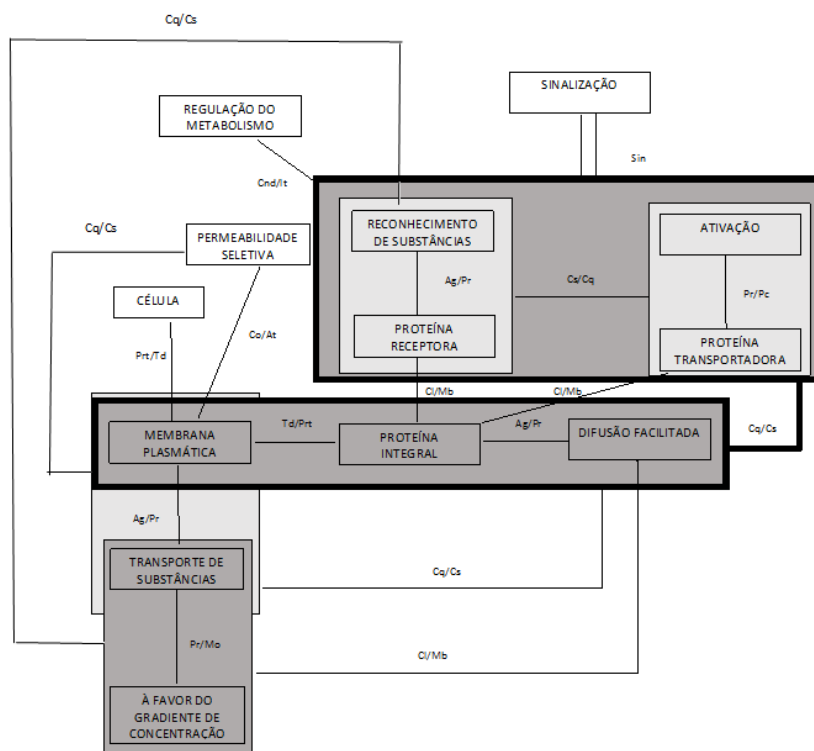


Figura 13: Representa as relações semânticas presentes no texto dos estudantes referentes Subcategoria 71.

O texto de Berenice(T3FP1E32) foi classificado como subcategoria 7.2.

O pâncreas produz a insulina que entra na **célula** e por meio das **proteínas receptoras** (age como uma chave), desencadeando reações na célula por meio de informações para o **reconhecimento de substâncias** podendo ativar as **proteínas transportadoras** (integrais); a glicose que já passou pela **permeabilidade** podendo atravessar a **membrana plasmática**, uma substância polar que com a utilização de proteínas carregadoras atravessam do meio mais concentrado, sangue, para o meio menos concentrado (á célula) (membrana) (núcleo), caracterizado a **difusão facilitada** sem gasto de energia e proporcionando a **regulação de todo o metabolismo**.

*ANÁLISE SEMÂNTICA*

“O pâncreas produz a insulina que entra na célula”

Pâncreas Ag/Pr Produção de insulina

Insulina Co/Pr entra Pr/Lo Célula

“E por meio das proteínas receptoras (age como uma chave), desencadeando reações na célula por meio de informações para o reconhecimento de substâncias podendo ativar as proteínas transportadoras (integrais);

Proteínas receptoras Ag/Pr Reconhecimento de substâncias

Proteínas transportadoras (integrais) Pc/Pr Ativação

“A glicose que já passou pela permeabilidade podendo atravessar a membrana plasmática, uma substância polar que com a utilização de proteínas carregadoras atravessam do meio mais concentrado, sangue, para o meio menos concentrado (á

célula) (membrana) (núcleo), caracterizado a difusão facilitada sem gasto de energia e proporcionando a regulação de todo o metabolismo.

Permeabilidade (glicose passou pela permeabilidade)???

Transporte de substâncias Pr/Med Membrana

Proteínas integrais (carregadoras) Cnd/It Transporte de substâncias

Transporte de Substâncias Pr/Mo À favor do gradiente de concentração

[Proteínas integrais (carregadoras) Cnd/It Transporte de Substâncias Pr/Mo À favor do gradiente de concentração] Sin Difusão facilitada

{[Proteínas integrais (carregadoras) Pc/Pr Transporte de Substâncias Pr/Mo À favor do gradiente de concentração] Sin Difusão facilitada} Pr/Rs Regulação do metabolismo

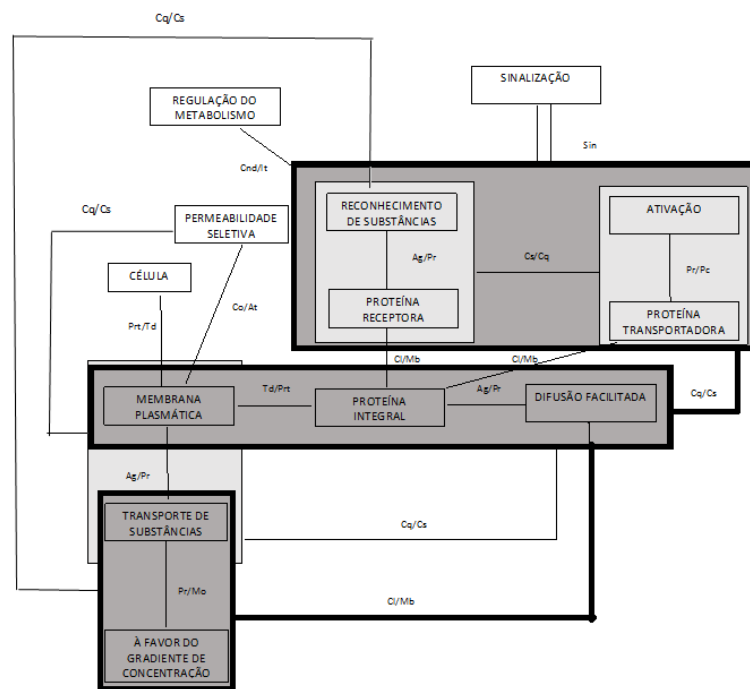


Figura 14: Representa as relações semânticas presentes no texto dos estudantes referentes Subcategoria 71.

A estudante inicia o texto dizendo que a insulina é produzida no pâncreas, contudo fala que a insulina entra na célula, o que é equivocado do ponto de vista da linguagem da ciência escolar. Ela continua dizendo, de forma correta, que as proteínas receptoras são responsáveis pelo reconhecimento de substâncias, o que desencadeia reações que causam a ativação das proteínas transportadoras. Na sequência, a estudante diz que as substâncias atravessam a membrana, logo o transporte de substância se dá através da membrana plasmática, uma relação semântica que não havia sido pensada anteriormente. Diz, também, que proteínas integrais condicionam o transporte de substância. É uma forma de falar que é condizente com a linguagem da ciência escolar, visto que a ausência das proteínas integrais fazem com que substâncias, como a glicose, não atravessem a membrana. O transporte de substâncias se dá à favor do gradiente de



concentração, conforme dito pela estudante e este tipo de transporte é denominado de difusão facilitada. Ao final, ela faz a associação de forma correta entre reconhecimento de substâncias, transporte de substâncias e regulação do metabolismo.

## **9 Divergências entre o padrão temático construído pelo estudante e o padrão temático desenvolvido no plano social da sala de aula.**

Os estudantes mesmo antes de entrarem no curso formal de ciências, já possuem explicações acerca de alguns fenômenos naturais. Tais explicações devem-se, geralmente a observação direta dos fenômenos, as quais vão sendo acrescidas pelos conhecimentos científicos adquiridos por meio da educação formal, sem que, no entanto a concepção que corresponde a visão cientificamente aceita substitua de forma completa as concepções anteriores.

A FAALSCE permite mapear as relações semânticas divergentes entre o padrão temático da ciência escolar e o padrão elaborado pelo estudante acerca do conteúdo investigado. O uso obrigatório das palavras-chave faz com que os estudantes tenham que estabelecer relações semânticas entre estas palavras, as quais evidenciam a apropriação do conteúdo. Caso haja algumas dessas relações semânticas não estão condizentes com o padrão da linguagem da ciência escolar. Este resultado proporciona a reflexão sobre os motivos que fizeram com que elas permaneçam, apesar da instrução, a fim de pensar em estratégias para os próximos protótipos da sequência didática que atuem no sentido de minimizá-las.

Ao analisarmos os textos dos estudantes percebemos que alguns (3%) fazem relações semânticas que denotam que a insulina é uma proteína receptora, a qual realiza o transporte de substâncias, como podemos notar nas relações entre o item temático insulina e transporte substâncias construídas pela estudante Mirela, por exemplo. Pela análise do texto, apresentado abaixo, podemos perceber que a estudante Mirela afirma que a insulina é o agente do processo transporte de substâncias (**Insulina Ag/Pr transporte de substâncias (fixa na glicose e leva para dentro da célula)**). Além disso, alguns estudantes (2%), como podemos notar no texto Joana, atribuem a insulina a agência do processo da quebra da glicose (**Insulina Ag/Pr quebrar Pr/ Pc Glicose** )

**A molécula de glicose se prende a membrana plasmática, ativando as proteínas receptoras, uma delas chamada de insulina, que se fixa na glicose e leva para dentro da célula pela difusão facilitada** e então a insulina conduz a glicose para uma das proteínas integrais, que reconhece as substâncias presentes na glicose e logo libera as substâncias no meio intracelular, regulando o metabolismo.

Mirela (T5FP1E69)

A glicose encontra-se no meio externo, ou seja, no sangue, a insulina é alcançada pela proteína receptora que sinaliza para a **proteína transportadora (proteína integral) que captura a glicose, jogando dentro da membrana e é quebrada pela insulina**, onde há o reconhecimento de substâncias, e com a quebra há também a regulação do metabolismo, onde acontece a permeabilidade seletiva. O nome desse processo é difusão facilitada.

Joana (T4FP1E67)

Observa-se, também, que há estudantes (10%), como no exemplo de Nilzete, que acreditam que a insulina entra na célula e que o seu reconhecimento ocorre no meio intracelular. No texto de Nilzete, observamos que a estudante diz que o transporte de insulina se dá por meio da difusão facilitada estabelecendo a seguinte relação entre o transporte de substâncias, no caso a insulina e a difusão facilitada: **Transporte de substâncias (insulina) Pr/Mo Difusão facilitada**. A estudante diz, também, que a entrada de insulina condiciona o seu reconhecimento no meio intracelular representado pela condensação semântica [**Transporte de substâncias Pr/Mo Difusão facilitada**] Cnd/It [ **Reconhecimento de substâncias Pr/Loc meio intracelular**]. Tais relações semânticas indicam que alguns estudantes não sabem que as proteínas receptoras localizam-se na face externa da membrana.

A glicose é transportada pelo sangue até as células, nas células a glicose precisa da ajuda das proteínas integrais. Só que a entrada da glicose tem todo um mecanismo como: **a molécula de insulina que também é transportada pelo sangue, pela difusão facilitada, adentra a célula, aí ocorre o reconhecimento de substâncias** que ativa a outra proteína por onde entra a glicose; que logo será quebrada e transformada em ATP.

Nilzete (T3FP1E37)

Estas divergências, provavelmente, se devem ao caráter abstrato deste conhecimento, visto que o transporte da glicose depende da insulina como um hormônio sinalizador, que, ao se ligar a proteína receptora, que localiza-se na face externa da membrana, irá desencadear processos celulares que ativam a proteína transportadora, abrindo um canal por onde passa a glicose. Tudo isso se passa ao nível microscópico, sendo apresentado ao estudante apenas por meio de um modelo didático. Quando o estudante trata a insulina como o agente do transporte da glicose ou tem a ideia de que a insulina tem a função de quebrar a glicose, ele possivelmente parte do pressuposto que se a ausência de insulina provoca o aumento dos níveis de glicose no sangue, então a insulina deve ser a responsável direta por este transporte. Ele está fazendo associações, que, de acordo com Vigotski, refere-se a pensamento por complexos (VIGOTSKI, 2010). Por isso, também, possivelmente, ocorre a persistência de concepção alternativa que segue a lógica de uma perspectiva mais concreta de que a insulina é o canal por onde a glicose passa.

De acordo com o padrão temático da linguagem da ciência escolar, proteínas de membrana denominadas de proteínas receptoras são agentes do processo conhecido como reconhecimento de substâncias. Temos então a relação semântica: Proteína receptora Ag/Pr Reconhecimento de substâncias. No entanto, encontramos algumas divergências que dizem respeito a função desta proteína : (1) a proteína receptora é agente do transporte de substâncias, como no exemplo de Sílvia (**Transporte de substâncias (insulina) Pr/Mo Difusão facilitada**) e Augustus (**Proteínas receptoras Ag/Pr Transporte de substâncias**); (2) a proteína receptora é o meio por onde a glicose atravessa a membrana, como apresentado nas relações semânticas presentes no texto de Rômulo (**[Transporte de substância Pr/Med Membrana plasmática] Pr/Med [Proteínas receptoras It/Ad Proteínas Integrais]**); (3) a proteína receptora conduz a glicose até a proteína integral, a exemplo de Vitória (**[Transporte de Substâncias Pr/Med Proteínas receptoras] It/Cnd [ Glicose Ag/Pr chegar Pr/Loc proteína integrais]**); (4) o texto de Dorival traz que a entrada de glicose se dá através da membrana, tal processo causa a regulação do metabolismo, tudo isso junto condiciona o reconhecimento de substâncias ( **[[Glicose Ag/Pr entrar Pr/Loc célula] Pr/Med Membrana plasmática]Cs/Cq regulação do metabolismo] It/Cnd reconhecimento de substâncias**) (5) a proteína receptora capta a glicose, reconhece e condiciona a permeabilidade seletiva, como no exemplo de Kate (**Proteínas receptoras Ag/Pr transporte de substâncias;Proteínas receptoras Ag/Pr Reconhecimento de substâncias e Proteínas receptoras It/Cnd permeabilidade seletiva**)

“A célula possui membrana plasmática que possui a permeabilidade seletiva, através desse fenômeno as **proteínas receptoras fazem o reconhecimento de substâncias e a difusão facilitada**, assim temos a regulação do metabolismo.”

Sílvia (T1MP1E16)

O transporte da glicose através da membrana plasmática ocorre assim:

- **A membrana é composta por proteínas receptoras, essas que são responsáveis por receber a glicose pertencente no sangue e transportá-la de forma passiva para dentro da célula.**
- A proteína só transporta a glicose para dentro da célula, após o reconhecimento de substâncias, conhecida como insulina (substância responsável pela ativação das proteínas responsáveis por transportar a glicose para dentro da célula).

Augustus (T4MP1E53)

O transporte de glicose na célula, **através da membrana plasmática se dá através do transporte de glicose através de proteínas receptoras e das integrais** que controlam a passagem de substâncias para a célula assim reconhecendo a substâncias

através da permeabilidade seletiva passando de um meio menos concentrado para um meio mais concentrado através da difusão facilitada.

Rômulo (T2MP1E31)

A glicose precisa entrar na célula pela membrana plasmática para regular o metabolismo e não ficar no sangue. Para isso acontecer a célula precisa reconhecer **a substância que vai entrar por ela pela proteína receptora.**

Dorival (T2MP1E25)

**A célula tem a membrana plasmática que por passa pelas proteínas receptoras até que chegue até nas proteínas integrais** para a partir daí mandam para a célula se é compatível com a regulação do metabolismo sendo que passa ou chega até o meio intracelular por difusão facilitada, só que depois tem reconhecimento de substâncias para ver se é compatível.

Vitório (T1MP1E23)

A glicose entra na célula obviamente pela membrana plasmática, **as proteínas receptoras captam a glicose** do sangue e com a ajuda da insulina ela entra na célula por sua vez há regulação do metabolismo o processo de substâncias atravessando os fosfolípidios pelas proteínas recebem o nome de difusão facilitada **as proteína receptoras tanto captam e reconhecem as substâncias quanto ajuda na permeabilidade seletiva** assim temos o transporte da glicose através da membrana com a presença da insulina.

Kate (T2FP1E19)

A partir da análise das relações semânticas estabelecidas entre os itens temáticos insulina e proteína receptora e os demais conceitos, em especial a relação com o item transporte de substâncias, fica claro que a maioria dos estudantes não entende a função da insulina e da proteína receptora, ou seja, não conhecem a estrutura da membrana que tem a função de reconhecer as substâncias nem a substância que deve ser reconhecida para que ocorra o transporte da glicose. Por consequência é possível afirmar que estes estudantes não compreenderam o processo de sinalização e a sua conexão com processo de transporte da glicose.

Outra concepção alternativa presente no texto de 5% dos estudantes foi a inversão da ordem das etapas do processo, afirmando que o transporte da substância trata-se de uma etapa anterior ao reconhecimento de substâncias, sendo que o transporte de substâncias condiciona o reconhecimento de substâncias. Isso pode ser exemplificado a partir da análise dos textos de Viriato, o qual diz que a difusão facilitada é um modo do transporte de substâncias e que isso condiciona o reconhecimento de substâncias (**[Transporte de substâncias Pr/Mo difusão facilitada] It/Cnd Reconhecimento de substâncias**) e Diogo que traz que a glicose passa por

proteínas integrais é a causa da difusão facilitada e isso condiciona o reconhecimento de substâncias e a regulação do metabolismo ([[[Glicose Ag/Pr Passar Pr/Loc Proteínas integrais] Cs/Cq Difusão facilitada]It/Cnd [Reconhecimento de substâncias It/Ad Regulação do Metabolismo]) apresentadas a seguir:

“[...]mandam para a célula (a glicose) se é compatível com a regulação do metabolismo **sendo que passa ou chega até o meio intracelular por difusão facilitada, só que depois tem reconhecimento de substâncias para ver se é compatível [...]**” Viriato (T1MP1E09)

“As proteínas receptoras recebem a glicose e transporta até a membrana plasmática,entretanto, para que ela possa chegar até a célula, ela passa pelas proteínas integrais ocasionando a difusão facilitada, pois seu processo foi por meio da molécula de proteína e logo **a seguir acontece o reconhecimento de substâncias e a regulação do metabolismo.**” Diogo (T2MP1E27)

Esta forma de pensar sobre as etapas do processo de sinalização e transporte de substâncias, também é um indicativo de que alguns estudantes não sabem onde se localizam as proteínas que reconhecem as substâncias, acreditando que elas encontram-se dentro da célula e não na membrana plasmática. Isto é mais um indício da dificuldade que comentamos anteriormente quanto a apropriação do conteúdo sobre a localização e a função da proteína receptora, ou seja um problema em relacionar a estrutura com a função dessas proteínas.

Observa-se, também, que 4% dos estudantes atribuíram a estruturas de níveis mais altos, como membrana ou a célula, as funções que são das proteínas que compõem a membrana. A seguir é apresentado o texto de Lisandro, no qual ele diz que a célula tem como atributo a permeabilidade seletiva (**Célula Co/Atr Permeabilidade seletiva**). No entanto, de acordo com a linguagem da ciência escolar, a permeabilidade seletiva é um atributo da membrana que, por sua vez, é uma estrutura que faz parte da célula. No texto de William, percebemos que ele diz que a membrana tem a capacidade de realizar o reconhecimento de substâncias (**Membrana plasmática Ag/Pr Reconhecimento de substâncias**)

**As células tem permeabilidade seletiva**, a membrana plasmática envia informações para o núcleo

Lisandro (T4MP1E63)

Tudo ocorre na célula, **a membrana plasmática reconhece a substâncias** e as proteínas receptoras fazem o englobamento da substância que logo irá acontecer a difusão facilitada

William (T2MP1E18)

Apesar de não ser impróprio do ponto de vista da linguagem da ciência dizer que a célula apresenta como atributo a permeabilidade seletiva ou que a membrana tem a capacidade de reconhecer substâncias, ao proceder dessa maneira, os estudantes falam de forma simplificada sobre o processo de sinalização e transporte da glicose sem fazer a devida associação entre a estrutura e função da membrana. Assim, tais relações não estão propriamente inadequadas, mas não respondem expectativa de uma característica da análise funcional, que é analisar papel das partes no funcionamento do sistema. Com esta forma de falar não são consideradas as relações intermediárias, especificamente aquelas em que o item proteínas integrais transportadoras são agentes do processo difusão facilitada e pacientes da ativação, promovida por processos metabólicos desencadeados em consequências do reconhecimento de substâncias pelas proteínas receptoras.

O texto de Vladimir apresentado abaixo e as respectivas relações entre os itens temáticos presentes no texto são um bom exemplo de que 4% dos estudantes conservam a concepção alternativa de que a permeabilidade seletiva é o modo como se dá o transporte da glicose, sendo este modo de transporte denominado de difusão facilitada. Acreditamos que esta forma de conceber a permeabilidade seletiva está relacionada a uma associação equivocada de que por se tratar de uma característica da membrana que seleciona e regula a entrada e saída de substâncias, então, para alguns, a permeabilidade seria a forma como acontece o transporte de substâncias.

“[...]há o reconhecimento de substâncias para que a glicose entre na célula com a permeabilidade seletiva, esse fenômeno é chamado de difusão facilitada.” Vladimir (T3MP1E50)

[Proteínas receptoras Ag/Pr receber insulina] Cs/Cq [Reconhecimento de substâncias] It/ Cnd  
[ **Transporte de substância Pr/Mo Permeabilidade seletiva** ] Sin difusão facilitada

Por fim, a partir da análise dos textos dos estudantes, encontramos que 2% pensam que a difusão facilitada é um processo em que há gasto de energia na forma de ATP. Rundgren e Tibell (2009) encontraram um resultado semelhante ao nosso. Em seu trabalho, eles perceberam que um grupo de estudante não conseguia diferenciar claramente os diferentes tipos transporte. Além disso, alguns dos estudantes que participaram do estudo declararam que o transporte passivo está associado a quebra de ATP. Tais achados indicam que esta é uma concepção alternativa comum entre os estudantes e difícil de ser superada, uma vez que ela é persistente mesmo depois da instrução.

No transporte da glicose que é uma difusão facilitada que ocorre com gasto de ATP.  
Nívea (T5FP1E77)

Transporte de substâncias (glicose) Sin [Difusão facilitada Pr/Mo com gasto de ATP]

## 10 Conclusões

Diante do que foi exposto nas seções anteriores, há bastante evidências de que a FAALSCE pode ser aplicada a textos de Biologia Funcional, uma vez que, ao utilizarmos esta ferramenta para analisar os textos escritos pelos estudantes sobre o processo de sinalização e transporte da glicose, foi possível identificar relações semânticas para esse conteúdo e estabelecer uma comparação entre o padrão temático disponibilizado pela professora no espaço social da sala de aula e os textos escritos pelos estudantes nos questionários.

Outro indício de que a ferramenta cumpre seu potencial heurístico para avaliarmos aprendizagem neste campo da Biologia é que, ao utilizarmos os critérios da FAALSCE, conseguimos classificar os estudantes de acordo com seus escores.

É possível, também, estabelecer uma análise qualitativa dos textos dos estudantes que nos permite identificar se os objetivos pedagógicos foram alcançados, o que permite avaliar as estratégias desenvolvidas ao longo da SD e determinar as necessidades de mudança.

A FAALSCE possibilita a identificação de divergência no textos dos estudantes, pontos que devem ser levados em consideração para serem melhor trabalhados em outras aplicações da SD.

## Conclusão

Os textos escritos por estudantes sobre assuntos tanto da biologia evolutiva quanto sobre a biologia funcional são passíveis de ser analisados, utilizando a FAALSCE.

Trata-se de uma análise que requer um certo tempo, mas é recompensante para o professor, no sentido de saber, com uma certa margem de confiança, o que os estudantes compreenderam sobre determinado tema e quais os pontos que há problemas com relação a

aprendizagem do conteúdo, dando subsídios para que reflita sobre novas estratégias de ensino que promovam o entendimento desses conteúdos.

Além disso, indicamos que o padrão temático, referente ao conteúdo que será discutido no plano social da sala de aula, deve ser elaborado a partir de livros didáticos e acadêmicos e atuar como um norteador para os planos de aula. O discurso do professor media a aprendizagem dos estudantes, por isso é importante que o professor esteja familiarizado com as relações semânticas entre os conceitos referentes à linguagem da ciência escolar que fazem parte do conteúdo, para que dissemine essas relações semânticas equivocadas em sua sala de aula.

Com relação a pesquisa, por meio FAALSCE é possível diagnosticar, a partir da comparação das relações semânticas do padrão temático referente a linguagem da ciência escolar e aquelas presentes padrão temático apresentado no texto dos estudantes, as divergências referentes às relações semânticas acerca de um determinado conteúdo. Percebemos, também, um limite da FAALSCE em analisar o domínio da linguagem científica quando são oferecidas palavras-chave nas questões que geram os textos dos estudantes, então sugerimos que sejam construídos dois textos um sem e outro com palavras-chave. Uma vez que no texto sem palavras – chave seria possível avaliar melhor o uso de termos teóricos. Um outro problema é que as perguntas devem ser mais gerais, pois do contrário os estudantes são obrigados a se limitar a um exemplo específico, como aconteceu no nosso estudo, em que a questão versava sobre sinalização e transporte da glicose.

No tocante ao conteúdo de sinalização e transporte de substâncias, observamos que os estudantes tiveram dificuldades em estabelecer as relações entre estrutura da membrana e sua função, mesmo depois da instrução, por isso houve um percentual grande de estudantes que alcançaram apenas o nível básico das relações semânticas referentes a esse tema.

Observamos que nenhum estudante usou o termo sinalização, apesar deste ter sido disponibilizado no plano social da sala de aula. Consequentemente não elaboraram as relações semânticas associadas a este termo. Acreditamos que numa próxima investigação sobre a apropriação dos conteúdos de sinalização e transporte de substâncias o termo deve ser oferecido como uma das palavras-chave. Ao analisar os textos utilizando a FAALSCE, percebemos que a maioria dos estudantes além de não saber nomear o termo sinalização, eles não sabiam explicar como esse processo ocorria. Esta inferência se deve ao fato de observamos que poucos estudantes construíram as relações 11 e 12, 3% e 4% respectivamente. Logo, em outros protótipos da sequência de membrana com foco em modelos deve ser dada uma atenção especial



para o momento da explicação desse processo, trazendo novas estratégias que propiciem o melhor entendimento para os estudantes. Tal sugestão só foi possível em virtude dessa análise mais detalhada do texto dos estudantes utilizando a FAALSCE.

Apesar dos estudantes não terem conseguido estabelecer entre os termos regulação do metabolismo, transporte de substâncias e reconhecimento de substâncias conforme foi estabelecido no padrão temático da linguagem da ciência escolar, nossos dados evidenciam que 40% daqueles que usaram o termo regulação (80% dos estudantes da amostra) estabeleceram uma ligação entre transporte de substâncias e regulação do metabolismo, ou dizendo que o primeiro é a causa a regulação do metabolismo, ou falando que o transporte de substâncias condiciona o processo de regulação do metabolismo. Esses dados indicam que esses estudantes apresentam algum entendimento da relação entre os processos.

Os estudantes não usaram termos que não tivesse relação com o conteúdo de sinalização e transporte de substâncias. Em média utilizaram 6 palavras-chave. Foi comum o uso do termo glicose que não constava entre as palavras oferecidas, mas como a pergunta era específica com relação ao transporte dessas moléculas, a maioria colocou esse termo em seus textos. Este fato ratifica a necessidade de que a pergunta seja mais geral para uma melhor análise utilizando a FAALSCE, tratando de qualquer transporte de substâncias por difusão facilitada, por exemplo. Notamos, também, que alguns estudantes fazem uso de analogias na tentativa de explicar melhor os processos de difusão facilitada, quando diz que a molécula pega carona na proteína, e o processo de reconhecimento de substâncias, associando-o à ideia de especificidade existente entre uma chave e cadeado. No gênero de discurso científico, deve-se evitar a linguagem coloquial. Entretanto, na linguagem social da ciência escolar, esse tipo de fala por analogia é comum, em virtude da necessidade de facilitar a explicação e a compreensão do objeto em estudo. Logo, isto deve ser levado em conta no momento da análise.

Os nossos dados indicam que 47% dos estudantes da amostra usaram as palavras como forma pensamento dito de outra forma de forma conceitual imprecisa, e 38% dos estudantes utilizaram as palavras de forma indicativa. Logo, 85% dos estudantes não conseguiram fazer o uso conceitual das palavras. Esses resultados são coerentes com os baixos índices que foram obtidos quando comparamos as relações semânticas do padrão temático da linguagem da ciência escolar e o padrão temático encontrado no texto do estudante.

As divergências semânticas acerca do tema sinalização e transporte de substâncias foram persistentes, apesar da instrução. Com relação a insulina foram percebidas algumas

divergências semânticas que dizem que está molécula é uma proteína receptora que permite a passagem de substâncias; que é responsável pela quebra da glicose e que seu reconhecimento ocorre no meio intracelular. No que se refere as proteínas receptoras, foi dito que estas moléculas são responsáveis pela passagem de substâncias para o meio intracelular. Houve, também, a inversão da ordem dos processos, colocando o transporte de substâncias como uma etapa anterior ao reconhecimento de substâncias. Encontrou-se, também, que a difusão facilitada era um transporte em que havia gasto de energia. Observa-se que a permeabilidade seletiva em alguns textos (4%) foi tratada como o modo como ocorre o transporte de substâncias. Notamos em alguns (3%) dos textos que os estudantes dizem que os níveis mais altos desempenham a função dos seus componentes, por exemplo que a membrana faz o reconhecimento de substâncias e que a célula tem permeabilidade seletiva.

A persistência dessas divergências semânticas, provavelmente, está relacionada ao caráter abstrato do conteúdo, sendo necessário ter atenção quando for ensinar este tema para utilizar estratégias para que ocorra a discussão e sistematização dessas divergências semânticas no plano social da sala de aula a fim de dirimi-las.

Outro importante achado é que o modo de falar influencia a relação semântica que é estabelecida entre os termos, sendo portanto importante analisar o discurso de sala de aula a fim de aceitar todas as possíveis relações entre os termos.

Por fim, nossos resultados apontam que, apesar da necessidade de alguns ajustes metodológicos no sentido de solicitar que os estudantes escrevam dois textos (sem e com palavras-chave) e a questão precisar ser mais geral, a FAALSCE pode ser usada tanto na pesquisa em ensino de ciências como na prática educacional de Biologia, se a perspectiva de aprendizagem adotada for sociocultural.

## Referências

ABRAMS, E.; SOUTHERLAND, SHERRY. The how's and why's of biological change: How learners neglect physical mechanisms in their search for meaning. **International Journal of Science Education**, v.23, n.12, p.1271-1281, 2001.

ABREU, Y. S. O método de Aristóteles para o estudo dos seres vivos. **Revista da SBHC**. n11., p.35-40, 1994.

- ALMEIDA, M. C. **Colaboração entre pesquisadores e professores de ensino de ciências e biologia: um estudo da organização e desenvolvimento da prática social do grupo CoPPEC.** Dissertação (Mestrado Ensino, História e Filosofia das Ciências) – Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana. Salvador, 2014.
- AMUNDSON, R. **The changing role of the embryo in evolutionary thought.** Cambridge University Press, Cambridge, 2005.
- ANDERSEN, P. A., GARRISON, J. P., & ANDERSEN, J. F. Implications of a neurophysiological approach for the study of nonverbal communication. **Human Communication Research**, 6. 1979. p4–89.
- ARIEW, A.; CUMMINS, R.; PERLMAN, M. *New essays in Philosophy of Psychology and Biology.* Oxford University Press. New York. p449. 2002
- ARIEW, A. Ernst Mayr's "ultimate/proximate" distinction reconsidered and reconstructed. **Biol Philos**, v.18, p.553-565, 2003.
- ARIZA, F. V.; MARTINS, L. A.P. A scala naturæ de Aristóteles no tratado *De Generatione Animalium*. **Filosofia e História da Biologia**, v.5, n.1, p.21-34, 2010.
- BAKHTIN, M. M. Discourse in the novel. In: M. HOLQUIST (ed.). **Dialogical Imagination.** Austin: University of Texas Press, 1981.
- BAKHTIN, M. M. **Estética da criação verbal.** São Paulo: WMF Martins Fontes. 2011.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** Trad. Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 1987.
- BEATTY, J. The proximate/ultimate distinction in the multiple careers of Ernst Mayr. **Biology and Philosophy**, v.9, p.333-356, 1994.
- BIALVO HOFFMANN, M.; JOHN SCHEID, N. M. Analogias como ferramenta didática no ensino de biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v.9, n.1, p.1-17, 2007.
- BICH, L., MOSSIO, M., RUIZ-MIRAZO, K.; MORENO, A. Biological regulation: controlling the system from within. **Biol Philos** 31. 2016.p237.
- BUCK, R.; VANLEAR, C.A. Verbal and Nonverbal Communication: Distinguishing Symbolic, Spontaneous, and Pseudo-Spontaneous Nonverbal Behavior. **Journal of Communication**, September 2002. p522-541
- CAPONI, G. Explicación seletional y explicación funcional: la teleología en la Biología contemporánea. **Episteme**, n.14, p.57-88, 2002.
- CAPONI, Gustavo. Física del organismo vs hermenéutica del viviente: el alcance del programa reduccionista en la biología contemporánea. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v.14, n.2, p.443-468, abr/jun, 2007.
- CAREGNATO, C. A.; MUTTI, R. Pesquisa qualitativa: análise de discurso versus análise de conteúdo. **Texto Contexto Enferm**, Florianópolis, n.15, v.4, p.679-84, out/dez, 2006.
- CARVALHO, Í. N.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Como selecionar conteúdos de biologia para o ensino médio. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**. v.1, n.1, ago/dez, 2011.
- CASTRO, I.L. Linguagem verbal e não verbal: o ensino de língua portuguesa. **Artigos e Crônicas.** Faculdade Almeida Rodrigues. Disponível em: <http://www.faculadefar.edu.br/artigo-cronica/detalhe/id/21>. Acesso:30/07/2016

CoPPEC-Colaboração em pesquisa e prática em educação científica. Grupo apresenta propostas para a melhoria da Educação Científica no estado da Bahia. JC e-mail 4502, 22 de Maio de 2012. Disponível em: <http://www.jornaldaciencia.org.br /Detalle.jsp?id=82506>. Acesso: 28/08/2012.

CUMMINS, R. [1975]: 'Functional analysis', *Journal of Philosophy*, v.72, p. 741–765. Reprinted in D. J. Buller (ed.), **Function, Selection, and Design**, Albany, New York: SUNY Press, p.57–83, 1999.

CUMMINS, R. 'Neo-Teleology', in A. R. Ariew, R. Cummins and M. Perlman (eds), **Functions**, Oxford: Oxford University Press, p. 157–72, 2002.

DEWSBURY, D. A. The proximate and the ultimate: past, present, and future. **Behavioural Processes**, v.46, p.189-199, 1999.

DICKINS T.E.; RAHMAN, Q. The extended evolutionary synthesis and the role of soft inheritance in evolution. **Proc R Soc B**. 2012, doi:10.1098/rspb.2012.0273

DRIVER, R. et al. Constructing scientific knowledge in the classroom. **Educational Researcher**, v.23, p.5-12, 1994.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. **Science Education**, v.84, n.3, p.287-312, May, 2000.

EL-HANI, C. N.; EMMECHE, C. "On some theoretical grounds for an organismcentered biology: Property emergence, supervenience, and downward causation", **Theory in Biosciences**, v.119, p.234-275, 2000.

EL-HANI, C.; GRECA, I. M. Participação em uma comunidade virtual de prática desenhada como meio de diminuir a lacuna pesquisa-prática na educação em Biologia. **Ciência e Educação**, v.17, n.3, p.579-601, 2011.

EL-HANI, C. N.; GRECA, I. ComPratica: A Virtual Community of Practice for Promoting Biology Teachers Professional Development in Brazil. **Research in Science Education**, v.43, p.1327-1359, 2013.

EMIG, J. Writing as a mode of learning. *College Composition and Communication*, Vol. 28, No. 2.May, 1977, pp. 122-128

EMMECHE, C; EL-HANI, C. N. Definindo vida, explicando emergência. **Série Ciência e Memória**, CNPQ/ON, Coordenação de informação e documentação, 1999.

ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J. TAPping into argumentation: developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. **Science Education**, v.88, n.6, p.915-933, 2004.

FRANCIS, R.C. Causes, Proximate and Ultimate. **Biology and Philosoph**, v.5, p. 401-415, 1990.

GODFREY-SMITH, P. Functions: consensus without unity. **Pacific Philosophical Quarterly**, v.74, p.196-208, 1993.

GODFREY-SMITH, P. A modern history theory of functions. In: Allen, C.; Bekoff, M. & Lauder, G. (Ed.). **Nature's purposes: analyses of function and design in biology**. Cambridge: MIT Press, 1998 [1994]. p.453-77.

GOULD, S. J.; VRBA, E. Exaptation: a missing term in the science of form. **Paleobiology**, v.8, p.4-15, 1982.

- HALLIDAY, M.A.K. N. **A Introduction to functional grammar**. Londres. Edward Anold,1985
- HARDCASTLE, V. G. **On the Normativity of Functions**. In: ARIEW. A; CUMMINS,R; PERLMAN, M *Functions: New Essays in the Philosophy of Psychology and Biology* Oxford University Press.New York. pp. 144–56.2002
- HONIG, S. L. A Framework for Supporting Scientific Language in Primary Grades. *The Reading Teacher*, 64(1), 2010.pp. 23–32
- KIM, Y-S.G.; PARK, C.; PAR, Y. Dimensions of discourse level oral language skills and their relation to reading comprehension and written composition: an exploratory study. **Read Writ**. Springer Science+Business Media Dordrecht 2015
- KOCH,I.G,V. **Argumentação e Linguagem**. Cortez Editora. São Paulo.2002
- LALAND K. N. et al. Cause and effect in biology revisited: is Mayr’s proximate–ultimate dichotomy still useful? **Science** v.334 p.1512–1516, 2011.
- LALAND K. N. et al. More on how and why: a response to commentaries. **Biol Philos**, v.28, p.793-810, 2013.
- LAVE, J.; WENGER, E. **Situated learning: legitimate peripheral participation**. New York: Cambridge University Press.1991.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger principles of biochemistry**. New York; W. H. Freeman; 4th ed; 2005. 1119 p
- LEMKE, J. L. **Aprender a hablar ciência: linguagem, aprendizaje y valores**. Barcelona: Paidós, 1997
- LEMKE, J. L. **Textual politics: Discourse and social dynamics**. Taylor & Francis, 2005.
- LODISH, H. *et al.* **Biologia celular e molecular**. 7. ed. Porto Alegre : Artmed, 2005. 1054p
- MAYR, E. Cause and Effect in Biology: Kinds of causes, predictability, and teleology are viewed by a practicing biologist. **Science**, v.134, nov, 1961.
- MAYR, E.: Teleological and Teleonomic. a New Analysis, **Boston Studies in the Philosophy of Science**, v.14, p.91-117, 1974.
- MAYR, E. **Toward a new philosophy of biology: observations of an evolutionist**. Cambridge: Harvard University Press, 1988.
- MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança**. Tradução Ivo Martinazzo. Brasília: Editora da Universidade de Brasília. 1998.
- MAYR, E. Proximate and Ultimate Causations. **Biology and Philosophy** 8: 93-94, 1993.
- MAYR, E. **Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica**. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- MAYR, E. **Uma discussão ampla: Charles Darwin e a gênese do moderno pensamento evolucionário**. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2006.
- MAYR, E. **Isto é biologia: a ciência do mundo vivo**. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.
- MEGLHIORATTI, F. A.; EL-HANI, C. N.; CALDEIRA, A. M. de A. O conceito de organismo em uma abordagem hierárquica e sistêmica da biologia. **Revista da Biologia** v.9, n.2, p.7-11, 2012.

- MORATO, E. M. Vigotski e a perspectiva enunciativa da relação entre linguagem, cognição e mundo social. **Educação & Sociedade**, ano XXI, n.71, Jul, 2000.
- MORTIMER, E. F.; CHAGAS, A. N.; ALVARENGA, V. T. Linguagem científica versus linguagem comum nas respostas Escritas de vestibulandos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.3, n.1, p.7-19, 1998.
- MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.
- MORTIMER, E.F.; SCOTT, P.H. Meaning making in secondary science classrooms. Maidenhead-UK: Open University Press, 2003.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H.; EL-HANI, C. N. Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. **Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**, Belo Horizonte: ABRAPEC, 2009.
- MOSSIO, M.; SABORIDO, C. ; MORENO, A. An Organizational Account of Biological Functions. *Brit. J. Phil. Sci.* 60. 2009, 813–841
- MUNIZ, C.R.R. et al. Estudo de desenvolvimento de uma intervenção para o ensino de metabolismo energético – segundo protótipo. **Atas do Encontro Nacional de Ensino de Biologia (IV ENEBIO)**. Goiânia, 2012.
- NIEVEEN, N.; MCKENNEY, S.; VAN DEN AKKER, J. Educational design research: the value of variety. In: VAN DEN AKKER, J. et al. (Ed.). **Educational design research**. London: Routledge, 2006. p.151-158.
- NORRIS, S.P. et al. Theoretical framework for narrative explanation in science. **Science Education**. v.89, n.4, p.535-563, 2005.
- NÚÑEZ, I. B. **Vygotsky, Leontiev e Galperin: formação de conceitos e princípios didáticos**. Brasília: Liber Livro, 2009.
- NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. O que é função? Debates na filosofia da biologia contemporânea. **Scientiae Studia**, São Paulo, v.7, n.3, p.353-401, 2009.
- NUNES-NETO, N. F.; MORENO, A.; EL-HANI, C. N. Function in ecology: an organizational approach. **Biol Philos.** 29. 2014. p123–141
- OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky: Aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio-histórico**. São Paulo: Scipione, 2000.
- OLIVEIRA, M. H. C. de. **Metodologia da Linguagem**. 7.ed. São Paulo: Saraiva, 2007.p173
- PINO, A. Semiótica e Cognição na perspectiva histórico-cultural. **Temas em Psicologia**, n.2, 1995.
- PLOMP, T. Educational design research: an introduction. In: PLOMP, T.; NIEVEEN, N. (Ed.). **An introduction to educational design research**. Enschede: Netherlands Institute for Curriculum Development, 2009. p. 9-35.
- PURVES, Dale *et al.* **Neurociências**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- PUTNAM, H. **The collapse of the fact/ value dichotomy and other essays**. Cambridge, MA: Harvard Press, 2002;
- ROCHA, D.; DEUSDARA, B. Análise de Conteúdo e Análise do Discurso: aproximações e afastamentos na (re)construção de uma trajetória. **Alea [online]**, v.7, n.2, p.305-322, 2005.

REIS, V. P. G. S.; EL-HANI, C. N.; SEPULVEDA, C. Aplicação e teste de uma sequência didática sobre evolução no ensino médio de biologia. In: JOFILI, Z.; ALMEIDA, A. V. (Orgs.). **Ensino de Biologia, Meio Ambiente e Cidadania: Olhares que se Cruzam** (2ª Ed.). Recife-PE: UFRPE. 2010.

RUIZ-MIRAZO, K. **Physical Conditions for the Appearance of Autonomous Systems with Open-ended Evolutionary Capacities**, dissertação de Ph.D., University of the Basque Country. 2001

RUNDGREN, Carl-Johan; TIBELL, L. A. E. Critical features of visualizations of transport through the cell membrane: an empirical study of upper secondary and tertiary students' meaning-making of a still image and an animation. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v.8, p. 223-246, 2009.

SARMENTO, A. C. H. et al. Investigando princípios de design de uma sequência didática sobre metabolismo energético. **Ciência e Educação** (UNESP. Impresso), v.19, p.573-598, 2013.

SÁ, T. S. et al. Energetic Metabolism in Biology Classrooms: A Developmental Study of a Teaching Sequence. **Procedia: Social and Behavioral Sciences**, v.167, p.50-55, 2015.

SABORIDO, C. Funcionalidad y organización en biología: Reformulación del concepto de función biológica desde una perspectiva organizacional. Tese de doutorado. Euskal Herriko Unibertsitatea/Universidad del País Vasco. 2012. p384

SALTHER, S. *Evolving hierarchical systems: their structure and representation*. New York: Columbia University Press, 1985.

SARMENTO, A. C. H.; MUNIZ, C. R. R.; SILVA, N. R. da; PEREIRA, V. A.; SANTANA, M. A.; SÁ, T. S. de; EL-HANI, C. N. Investigando princípios de design de uma sequência didática para o ensino sobre metabolismo energético. VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC). Campinas: ABRAPEC, 2011.

SARMENTO, A. C. H. et al. Como ensinar citologia para estudantes do ensino médio e promover uma visão informada sobre características da ciência. **Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (X ENPEC)**, 2015, Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2015.

SCHROEDER, S. C. N. A educação musical na perspectiva da linguagem: revendo concepções e procedimentos. **Revista da ABEM**, Porto Alegre, v.21, p.44-52, mar, 2009.

SEPULVEDA S. C. et al. Uma ferramenta sociocultural de análise da apropriação da linguagem social da ciência escolar. **Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (VIII ENPEC)**. Campinas: ABRAPEC, 2011.

SEPULVEDA, C. et al. Formação de Professores em comunidades de prática e pesquisa colaborativa: um caminho para superação de limites do paradigma da formação reflexiva. In: BARZANO, M. A. L.; FERNANDES, J. A. B.; FONSECA, L. C. de S.; SHUVARTZ, M. (Orgs). **Ensino de Biologia: experiência e contextos formativos**. Goiânia: Índice Editora, 2014.

SHAVELSON, R. J. et al. On the science of educational design studies. **Educational Researcher**. v.32, n.25-28, 2003.

- SILVA, N. R. et al. Introduzindo o pensamento filogenético no ensino de zoologia através de uma dinâmica de classificação de invertebrados. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Rio de Janeiro: ABRAPEC, 2013.
- SILVA, N. R. et al. Dinâmica de zoologia de invertebrados (dizi): desenvolvimento de material didático para o ensino médio. **Atas do V Encontro Nacional de Ensino de Biologia (V ENEBIO)**, 2014, São Paulo. Revista de ensino de Biologia. Niterói: SBEnBio, v.7, 2014.
- SOLOMON, J. Learning about energy: how pupils think in two domains. **European Journal of Science Education**, v.5, n.1, p. 49-59, 1983.
- THE DESIGN-BASED RESEARCH COLLECTIVE. Design-based research: an emerging paradigm for educational inquiry. **Educational Researcher**. v.32, p.5-8, 2003.
- THIERRY, B. Integrating proximate and ultimate causation: just one more go! **Curr Sci**, v.89, p.1180–1183, 2005.
- TOULMIN, S. **The uses of argument**. Cambridge. Cambridge University Press. edição revisada. 2003
- VAN DEN AKKER, J. Principles and Methods of Development Research. In J. van den Akker, R.M. et al (Eds), **Design approaches and tools in education and training**. Boston: Kluwer Academic, p.1-14, 1999.
- VYGOTSKI, L. S. The genesis of higher mental functions. In: J.V. Wertsch (ed.) **The Concept of Activity in Soviet psychology**. Armonk-NY: Shape, 1981.
- VYGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2009.
- VYGOTSKI, L. S. **Formação Social da Mente**. São Paulo Martins Fontes, 1999.
- WATT, W. B. Avoiding paradigm-based limits to knowledge of evolution. **Evol Biol**, v.32, p.73–96, 2000.
- WERTSCH, J. V. **Vygotsky and the Social Formation of Mind**. Cambridge: Harvard University Press, 1985.
- WERTSCH, J. V. **Voices of the mind: a sociocultural approach to mediated Action**. Cambridge: Harvard University Press. 1991.
- WEST-EBERHARD, M. J. **Developmental plasticity and evolution**. Oxford University Press, Oxford, 2003.
- WOUTERS, A. Philosophers on function. Essay review of Functions: new essays in the philosophy of psychology and biology. **Acta Biotheoretica**, v. 51, p.223-235, 2003.
- WRIGHT, L. Functions. **The Philosophical Review**, v.82, n.2, p.139-168,1973. doi:10.2307/2183766.
- ZABALA, A. A. **Prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.
- ZOHAR, A.; NEMET, F. Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics, **Journal of Research in Science Teaching**, v.25, n.5, p.685-725, 2002.



## Anexos

### CADERNO GLOSSÁRIO E CÓDIGOS DAS RELAÇÕES SEMÂNTICAS:

A. **Relações nominais;** tipicamente dizem respeito à qualidade, quantidade e tipos relativos a um item temático

**1. Atributiva:**

Par (Atributo/Coisa)

O atributo é uma característica descritiva, uma qualidade, um qualificador, um modificador

Ex: *A maçã é vermelha.* Atributo=vermelha; Coisa=Maça

Ex: os organismos que têm as variações mais favoráveis naquele ambiente têm maiores probabilidades de sobrevivência e de reprodução. \_Atributo= favoráveis; Variações: coisa

**Abreviação: Atr/Co**

**2. Classificadora**

Par (Classificador/Coisa)

O classificador é o tipo de coisa; uma característica identificadora de uma subclasse

Ex: Um orbital 2s. Classificador= 2s; Coisa= orbital

**Abreviação: Cf/Co**

**3. Quantificadora**

Par (Quantificador/coisa)

Um quantificador é uma característica quantitativa como um número

EX: As três maçãs; Quantificador= três; Coisa=maça

**Abreviação: Qt/Co**

B. **Relações taxonômicas;** tratam de relações entre itens temáticos, no que diz respeito a serem sinônimos, antônimos, exemplo ou instância um do outro.

**4. Indicativa (simbólica):**

Par (Membro /Classe): Instância/Categoria

Um exemplo individual de um tipo ou classe de coisas

Ex: Valter é um Professor. Membro=Valter; Classe=professor

**Abreviação: Mb/Cl**

**5. Hiperonímia:**

Par (Hipônimo/Hiperônimo): classe subordinada/classe superordinada;  
Unidade/Conjunto, Conjunto/Superconjunto

Nome de uma categoria que se insere (está subordinada) a uma categoria mais geral

Ex: Qualquer cachorro é um mamífero; Hipônimo=cachorro; Hiperônimo=mamífero

**Abreviação: Hipo/ Hiper**

#### **6. Mereologia:**

Par (Parte/todo): (gramaticalmente na língua inglesa= Meronym/Holonym)

O “meronym” é o nome da parte que pertence a algum todo.

Ex: O braço da cadeira. Parte (meronym)= braço; Todo ( Holonym)= cadeira

EX: Darwin admitia que os organismos de uma população não são idênticos entre si.

Parte: organismos; Todo=População.

Pode ainda haver a relação de “Co-meronyms” relativa a duas partes que pertencem ao mesmo todo.

**Abreviação: Prt/Td; Co-mero**

#### **7. Sinonímia**

Par (sinônimo/sinônimo): pares equivalentes; equivalentes locais; sinônimos locais

Duas expressões que tem o mesmo significado em um contexto

Ex: Por favor, vá embora; Por favor, deixe o recinto. Sinônimos: vá embora/deixe o recinto

**Abreviação: Sin**

#### **8. Antonímia**

Par (antônimo/antônimo): par contrastantes; antônimos

Duas expressões que apresentam significados contrários em um contexto

Ex: Por favor, vá; Por favor, fique. Antônimos: vá/fique

**Abreviação: Ant**

C. **Relações transitivas;** tratam da relação entre processos e objetos ou agente que deles participam

#### **9. Agência:**

Par (Agente/Processo)

O agente é a entidade que faz ou age; a causa ou aquele que incita o processo.

Ex.: Ambiente seleciona variações favoráveis. Agente=Ambiente; Processo= seleção (seleção natural)

Ex: ATP armazena energia. Agente= ATP; Processo= armazenar

#### **10. Alvo (“Target”):**

Par (Processo/Alvo): Verbo/objeto; Processo/Paciente, Meta, Recipiente/Afetado

O alvo é a entidade sob a qual o processo agiu ou se realizou

Ex: O Homem constrói a casa. Alvo=casa; Processo= construir

Par (Processo/Paciente)

O paciente é a entidade sob a qual o processo agiu; que sofreu a ação do processo.

Ex: Ambiente seleciona variações favoráveis. Paciente= variações; Processo= seleção natural

Ex: As matérias orgânicas são fermentadas pela ação das bactérias. Paciente= matéria orgânica; Processo= fermentação

**Abreviação: Pr/Pc**

O Resultado é a entidade, evento ou processo que resultou da ação de um processo.

Ex: A sobrevivência diferencial levará a adaptação.

Processo= Sobrevivência diferencial; Resultado= adaptação

Ex: As bactérias produzem energia através da fermentação. Processo= Fermentação; Resultado= produção de energia

**Abreviação: Pr/Rs**

**11. Medium**

Par (Medium/Processo):

O medium é a entidade em relação a qual o processo se realiza

EX: O jarro quebrou. Meio= jarro; Processo= quebrar

A chuva caiu. Meio= chuva; processo= cair

Ex: As variações favoráveis têm maior probabilidade de sobrevivência e reprodução (...)  
Os indivíduos resistentes [variações favoráveis] se reproduzem enquanto os sensíveis morrem. Medium= variações favoráveis; Processo= seleção natural

**Abreviação: Med/Processo**

**12. Beneficiário:**

Par (Beneficiário/Processo)

O beneficiário é o participante para o qual ou pelo qual a ação é realizada

Ex: Ele deu o jarro a meu tio. Beneficiário= meu tio; Processo= dar

**Abreviação: Bn/Pr**

**13. Alcance:**

Par (Processo/Alcance): extensão; Cognate object (?)

O alcance é o limite, a extensão ou a natureza do que o processo realiza

Ex: Ele andou uma milha. Alcance= uma milha

**Abreviação: Alc/Pr**

**14. Identificação:**

Par ( Identificado/identificador)

Ex: A parte branca é o orbital 2s.

Identificado= a parte branca; Identificador= orbital 2s

**Abreviação:** Id/Idr

**15. Possessão:**

Par (Possuidor/possuído):

Ex: meu tio tem um jarro. Possuidor: meu tio; Possuído: o jarro

Ex: As moléculas energéticas contêm energia. Possuidor =moléculas energéticas;  
Possuído= energia

**Abreviação:** Pdr/Pdo

**D. Relações circunstanciais;** dizem respeito às circunstâncias em que processos ocorrem, ou em que entidades se encontram

**16. Localização:**

Par (Localização/entidade ou processo)

Expressa a relação espacial entre entidades e processos

Pode ser também relativo a extensão: qual a extensão de espaço está envolvida na relação ( distância;volume).

Ex: A caneta está na caixa. Localização=caixa; Entidade=caneta

Está chovendo lá fora. Localização=lá fora; Processo=chuva.

*Se eu tenho um elétron no 2Px, um elétron no 2Py, dois elétrons no 2S, e dois elétrons no 1S, qual elemento está representado por esta configuração?* Localização= orbital ( 2S, 1S...); Coisa= elétrons

**Abreviação:** Loc/Pr; Loc/Co

**17. Temporalidade:**

Par (tempo/evento): Duração, frequência – quanto tempo está envolvido ou qual a frequência

Expressa a relação temporal entre processos, entidades, eventos

Ex: Eu a construí ontem. Tempo=ontem; Evento=construir

**Abreviação:** Tmp/Pr

**18. Material:**

Par (material/processo):

A matéria ou material envolvido na realização do processo.

Ex: Eu fiz a caixa de madeira.

**Abreviação:** Mt/Pr

**19. Maneira:**

Par (modo/processo): qualidade, material, meio, instrumento

Esta relação expressa através de que meio, material ou instrumento o processo ocorre.

Ex: Eu a fiz lentamente. Modo= lentamente; Processo= fazer.

**Abreviação:** Mo/Pr

**20. Razão:**

Par (Processo/causa): Causa, propósito, meta, necessidade.

Porque ou por que razão este processo ocorre.

Ex: Nas populações bacterianas sempre estão surgindo por mutação, bactérias capazes de resistir a diversas substâncias tóxicas, entre elas os antibióticos. Processo= surgimento de variações fenotípicas; Causa= mutações

MUTAÇÕES– Ag/Pr – SURGE – Pr/Rs – VARIAÇÕES

**E. Relações Lógicas;** tratam de relações que ocorrem entre conjuntos de itens

**21. Elaboração:**

Par (Item/elaboração): exposição, exemplificação e clarificação.

A isto é B.

**Abreviação:** It/Elb

**22. Adição:**

Par (Item/adicação). São os três principais subtipos: conjuntivo, negativa conjuntiva, e adversativa.

A e B; nem A nem B; A, mas B.

**Abreviação:** It/Ad

**23. Variação:**

Par (Item/Variação)

“ não A, mas B”; “A; mas não B”; “A ou B”.

**Abreviação:** It/Vr

**Conexão;** Uma miscelânea de categorias que incluem a relação das partes de várias formas de argumentos, como por exemplo:

24. Par (causa e consequência)

**Abreviação:** Cs/Cq

25. Par (evidência e conclusão)

Ex: O que ocorreu, muito provavelmente, é que a crosta foi soerguida. E esta a razão pela qual nós encontramos fósseis marinhos no topo das montanhas.

Evidência= Encontramos fósseis marinhos no topo das montanhas.

Conclusão = A crosta da terra se moveu.

**Abreviação:** Evd/Cnl

26. Par (problema e solução)

**Abreviação:** Pb/Sl

27. Par (ação e motivação)

28. Par (generalização/instância)

**Abreviação:** Gn/Ist

29. Par (condição/Item condicionado)

X relativo a Y; Y é condição para X

Parte aberta do terceiro questionário da Sequência Didática sobre Membrana Plasmática

**Parte III- Questões abertas sobre Membrana**

17- No dia 11 de janeiro de 1922 dois médicos canadenses, Frederick Banting e Charles Best, injetaram, pela primeira vez, insulina no braço de um paciente com diabetes. Você já ouviu falar nessa doença?

Quem tem diabetes tem dificuldade de regular a quantidade de açúcar no sangue, o que pode gerar uma série de problemas. Mas por que algumas pessoas têm essa dificuldade?

Pode ser porque o organismo não produz – ou produz pouca – insulina, substância que ajuda a controlar a quantidade de açúcar no sangue. Pessoas com diabetes desse tipo precisam controlar a quantidade de açúcar que ingerem e, em alguns casos, tomar injeções de insulina, um tratamento que teve início há mais de 90 anos. (Disponível em: < <http://chc.cienciahoje.uol.com.br/ha-noventa-anos/>>)

Sabendo que a insulina é um hormônio que regula a passagem da glicose através da membrana plasmática para o interior da célula, responda:

a) Quais as moléculas presentes na estrutura da membrana auxiliam na regulação dos níveis de açúcar do sangue pela insulina?

b) Como estas moléculas estão organizadas na membrana?

18- Em 1889, em Estrasburgo, então Alemanha, enquanto estudavam a função do pâncreas na digestão, Joseph von Merling e Oscar Minkowski removeram o pâncreas de um cão. No dia seguinte, um assistente de laboratório chamou-lhes a atenção sobre o grande número de moscas voando ao redor da urina daquele cão. Curiosos sobre por que as moscas foram atraídas à urina, analisaram-na e observaram que esta apresentava excesso de açúcar que é um sinal de diabetes (Adaptado de Roberts, R. M. Descobertas Acidentais em Ciências .Editora Papyrus: Campinas.SP,1993).

Sendo a insulina um hormônio protéico que se liga à membrana plasmática tornando a célula permeável a glicose. Explique como se dá o processo de entrada de glicose na célula mediado pela membrana plasmática.

Use as seguintes palavras-chave para construir o texto da sua resposta:

Célula, Membrana plasmática, Proteínas receptoras, proteínas integrais, Reconhecimento de substâncias, Regulação do Metabolismo.