



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E
TECNOLÓGICA
DOUTORADO

JOSÉ ANTÔNIO BEZERRA DE OLIVEIRA

**FLEX-AS: ESTRATÉGIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS NAS
PERSPECTIVAS DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA E DA
FLEXIBILIDADE COGNITIVA**

Recife
2023

JOSÉ ANTÔNIO BEZERRA DE OLIVEIRA

**FLEX-AS: ESTRATÉGIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS NAS
PERSPECTIVAS DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA E DA
FLEXIBILIDADE COGNITIVA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação Matemática e Tecnológica.

Orientadora: Patrícia Smith Cavalcante
Coorientadora: Kátia Aparecida da Silva Aquino

Recife
2023

JOSÉ ANTÔNIO BEZERRA DE OLIVEIRA

**FLEX-AS: ESTRATÉGIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS NAS
PERSPECTIVAS DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA E DA
FLEXIBILIDADE COGNITIVA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação Matemática e Tecnológica.

Aprovado em: 13/12/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Patrícia Smith Cavalcante (Orientadora e Presidente)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Ana Beatriz Gomes Pimenta de Carvalho (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Cristine Martins Gomes de Gusmão (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Kátia Aparecida da Silva Aquino (Examinadora Externa)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Sylvia Regina de Chiaro Rodrigues (Examinadora Externa)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Elcio de Schuhmacher (Examinador Externo)
Universidade Federal de Santa Catarina

À minha mãe, Maria Elizabete, dedico.
A todos os meus heróis, professores, dedico.

AGRADECIMENTOS

Findar uma tese de doutoramento, penso eu, é finalizar um percurso honroso de resiliência. Partindo desse princípio, é emocionante relembrar de todo caminho percorrido desde que me “entendi por gente” até o momento em que me encontro hoje. Assim, agradeço imensamente a todas as energias e bênçãos emanadas pelo Universo, por Deus, pelo meu anjo da guarda e por todos meus protetores desconhecidos.

Agradeço as minhas orientadoras Patrícia Smith e Kátia Aquino, fontes de imensurável saber, responsabilidade, motivação e compreensão! Gratidão a elas pela parceria, pela confiança e pela prontidão em me ajudar no que fosse necessário nesses quatro anos de estudo no doutorado. Essa gratidão se estende a todos os queridos membros do Grupo de Estudos e Pesquisa em Aprendizagem Significativa (GEPAS) e do Grupo de Estudos sobre Novas Tecnologias e Educação (GENTE), ambos da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica da UFPE por todo o acolhimento, aprendizado e disposição na minha formação. Gratidão ao corpo docente desse Programa que não poupou esforços em me proporcionar uma formação de qualidade. Gratidão também aos meus colegas de turma, os quais muitos eu nem conheci pessoalmente devido à época pandêmica da Covid-19, mas que tenho imenso carinho pela existência. Ainda, agradeço à Universidade Federal de Pernambuco por me possibilitar ter uma educação de qualidade e excelência ao longo do meu mestrado e, agora, do meu doutorado.

Agradeço a minha mãe, Maria Elizabete por todo cuidado, orações e amor maternal. Aos meus irmãos José Alberto e Maria José, junto a seus companheiros e filhos, meus sobrinhos, cuja torcida e amor são para mim motivadores. Ao meu companheiro amado, Alex Emanuel, por toda força, colo e compreensão em todos os momentos críticos desta lida. A meu gestor, Marcelo, por todo apoio, conselhos e compreensão nesta caminhada de doutorado mesmo lecionando. A todos os meus amigos que me apoiaram e torceram para a concretização desta etapa acadêmica: Andreza, Kaonny, João, Augusto, Lucas, Sylvinha e tantos outros que, de uma forma ou outra emanaram energias positivas que me fortaleceram.

Com bastante gratidão reconheço e agradeço aqui a todos os professores que passaram pela minha vida, que contribuíram direta ou indiretamente para com meu desenvolvimento pessoal, profissional e cidadão. A todos vocês, grandes mestres e mestras, vivos ou que já partiram, na ativa ou aposentados, meu emocionado muito obrigado!

RESUMO

A partir do anseio de promover aprendizagens mais significativas e críticas no ensino de ciências na Educação Básica via flexibilização conhecimento construído por seus estudantes, esta pesquisa teve como objetivo investigar a convergência entre a Teoria da Aprendizagem Significativa, sua perspectiva crítica (ASC) e a Teoria da Flexibilidade Cognitiva para fomentar o desenvolvimento de uma estratégia didática que promova aprendizagens significativas e críticas no ensino de ciências da Educação Básica. Essa pesquisa classifica-se como teórica, analítica e de desenvolvimento, e a base para a elaboração dessa foi concebida a partir dos pressupostos teóricos das teorias da Aprendizagem Significativa, Aprendizagem Significativa Crítica e Flexibilidade Cognitiva. A partir da análise dos princípios dessas teorias, foram identificados pontos de convergência entre elas, denominados descritores. Esses descritores foram: Ênfase na Construção do Conhecimento, Relevância do Conhecimento Prévio, Enfoque na Compreensão Profunda, Aprendizagem Contextualizada e Progressividade da Aprendizagem. A fim de aplicar este novo constructo teórico, utilizou-se esses descritores na criação de uma estratégia didática para o ensino de ciências. A estratégia elaborada foi nomeada de FLEX-AS, que é constituída de quatro momentos: Planejamento, Ambientação, Vivência e Avaliação. Tais momentos foram caracterizados e fundamentados teórico-metodologicamente. O momento de Vivência é formado por cinco etapas, com potencial para um desenvolvimento progressivo da aprendizagem de forma significativa e flexível via diversas ações didáticas indicadas. Após a caracterização teórico-metodológica da FLEX-AS, é apresentada uma proposta para a aplicação dessa estratégia para o ensino de Biologia e elencadas perspectivas futuras acerca a utilização da estratégia em cenários educativos. As reflexões acerca da elaboração da FLEX-AS revelam a viabilidade conceitual da integração das teorias que embasaram a estratégia, indicando uma abordagem em prol do desenvolvimento de aprendizagens mais significativas e críticas a um patamar menos teórico, mais aplicado e, portanto, mais funcional para os docentes.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa. Estratégia Didática. Educação em Ciências.

ABSTRACT

From the desire to promote more meaningful and critical learning in science education in Basic Education through the flexibility of knowledge constructed by its students, this research aimed to investigate the convergence between the Theory of Meaningful Learning, its critical perspective, and the Theory of Cognitive Flexibility to foster the development of a didactic strategy that promotes significant and critical learning in science education at the Basic Education level. This research is classified as theoretical, analytical, and developmental, and the basis for its development was conceived from the theoretical assumptions of the theories of Meaningful Learning, Critical Meaningful Learning, and Cognitive Flexibility. Through the analysis of the principles of these theories, points of convergence between them were identified, termed descriptors. These descriptors were: Emphasis on Knowledge Construction, Relevance of Prior Knowledge, Focus on Deep Understanding, Contextualized Learning, and Progressiveness of Learning. To apply this new theoretical construct, these descriptors were used in the creation of a didactic strategy for science education. The developed strategy was named FLEX-AS, consisting of four moments: Planning, Immersion, Experience, and Evaluation. These moments were characterized and theoretically and methodologically grounded. The Experience moment consists of five stages, with the potential for progressive development of learning in a significant and flexible manner through various suggested didactic actions. After the theoretical and methodological characterization of FLEX-AS, a proposal for the application of this strategy to Biology education is presented, and future perspectives regarding the use of the strategy in educational scenarios are outlined. Reflections on the development of FLEX-AS reveal the conceptual viability of integrating the theories that underpinned the strategy, indicating an approach towards the development of more meaningful and critical learning to a less theoretical, more applied, and thus more functional level for teachers.

Keywords: Meaningful Learning. Didactic Strategy. Science Education.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Tudo começou com a observação da germinação de uma semente: a jornada, percepções e anseios do pesquisador	11
1.2	Justificativa acadêmica	13
1.3	Questão de pesquisa	17
1.4	Objetivos	17
1.4.1	OBJETIVO GERAL	17
1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.5	Organização da Tese	18
2	A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, SUA VERSÃO CRÍTICA E A TEORIA DA FLEXIBILIDADE COGNITIVA: CONCEITOS E ABORDAGENS	19
2.1	Teoria da Aprendizagem Significativa	20
2.1.1	TIPOS E FORMAS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	23
2.1.2	PROCESSOS INERENTES À APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	27
2.1.3	PRINCÍPIOS PROGRAMÁTICOS PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	30
2.2	A Aprendizagem Significativa Crítica	32
2.3	Estratégias Facilitadoras de Aprendizagem Significativa	34
2.3.1	MAPEAMENTO CONCEITUAL	35
2.3.2	DIAGRAMAÇÃO HEURÍSTICA	38
2.3.3	ARGUMENTAÇÃO	40
2.3.4	UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS	42
2.4	Teoria da Flexibilidade Cognitiva	44
2.4.1	PRINCÍPIOS DA TEORIA DA FLEXIBILIDADE COGNITIVA	44
2.4.2	FLEXQUEST: UMA ESTRATÉGIA BASEADA NA TEORIA DA FLEXIBILIDADE COGNITIVA	54
3	PERCURSO METODOLÓGICO	57
3.1	Classificação da Pesquisa	57
3.2	Delineamento da Pesquisa	57
4	A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (E CRÍTICA) E A TEORIA DA FLEXIBILIDADE COGNITIVA: PONTOS DE CONVERGÊNCIA	59
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO: ESTRUTURAÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO DA FLEX-AS	63
5.2.1	MOMENTO DE PLANEJAMENTO	63

5.2.2	MOMENTO DE AMBIENTAÇÃO	64
5.2.3	MOMENTO DE VIVÊNCIA	66
5.2.3.1	Etapa de Apresentação	66
5.2.3.2	Etapa de Desconstrução	69
5.2.3.3	Etapa de Resolução	70
5.2.3.4	Etapa de Ideação	72
5.2.3.5	Etapa de Criação	75
5.2.4	MOMENTO DE AVALIAÇÃO	77
5.2.5	UMA PROPOSTA DE FLEX-AS PARA ENSINO DE BIOLOGIA	79
5.	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS	82
	REFERÊNCIAS	84

1 INTRODUÇÃO

Aprender ciências deveria ser naturalmente uma aprendizagem para a vida, para a cidadania. Eventos e processos biológicos, físicos, químicos e afins constituem a vida humana e, nesse sentido, a ciência se faz subjacente a qualquer tecnologia que ocorre em nossa vida (Moreira, 2021a, 2021b, 2021c). Ainda nesta direção, ensinar ciências é um processo que, diga-se de passagem, exige do professor muito mais do que apenas ter conhecimentos conceituais a serem “transmitidos”: é necessário também que ele possua entre outros elementos intuição, sensibilidade, dialogicidade e a capacidade de desenvolver nos estudantes movimentos cognitivos para além da simples memorização de conceitos, acabando por promover reflexão, criticidade e ações deles frente aos diferentes contextos que se deparam no cotidiano.

Ao observar crianças e jovens que, ao longo de vários anos na escola, são apenas instruídos para realização de provas escritas, percebe-se uma incoerência educacional. Prepará-los para testagem não é educar, e considerar essa testagem como avaliação pode ser um grande equívoco, pois métodos assim mensuram somente quantas respostas certas foram marcadas. Dar “resposta correta” não representa que essa resposta foi aprendida, entendida; do mesmo modo que solucionar um problema utilizando uma “fórmula certa” não significa que essa e a resolução foram aprendidas (Moreira, 2021c).

Há tempos que o professor, em sua prática, defronta-se com a falta de motivação, de concentração e até de entendimento dos estudantes acerca das informações ensinadas, o que acaba impossibilitando o cumprimento dos objetivos de aprendizagem planejados. É sabido, entretanto, que aquilo ensinado em sua totalidade nem sempre interessa aos aprendizes, que assimilam as informações cada um a seu modo, e assim o conhecimento que é construído por eles se consolida perante aquilo que priorizam e selecionam das informações recebidas do professor: eis aí um mecanismo natural de aprendizagem que, em essência, é julgada significativa.

Por outro lado, o delineamento e abordagem no ensino com tecnologias educacionais, com a devida articulação de recursos, estratégias e mediação docente, pode proporcionar um aprendizado que faça sentido para o estudante, isto é, a compreensão do conhecimento construído ao invés da simples memorização para reprodução em exames. Nesse estudo considera-se o termo Tecnologia Educacional em seu caráter Convencional como:

(...) o processo de desenho, desenvolvimento, aplicação e avaliação de sistemas, técnicas e meios para melhorar o ensino e a aprendizagem humana. (...) Aplicação do conhecimento científico organizado para solução de problemas educativos, concretamente ao desenho de percursos de ações avaliáveis para produzir aprendizagem efetiva (Fainholc, 2009, p. 417).

Aprender significativamente é, em sentido mais amplo, associar aquilo que está sendo recebido ou descoberto com as concepções que já estão internalizadas em nós, resultando novas formas de raciocinar e podendo modificar a forma como nos sentimos, interagimos com os outros e agimos perante o mundo que nos cerca. E foi algo assim que aconteceu comigo, quando lembro da minha primeira experiência profunda em aprender ciências lá na 1ª série (hoje 2º ano) do Ensino Fundamental, momento em que comecei a me interessar por ciências.

1.1 Tudo começou com a observação da germinação de uma semente: a jornada, percepções e anseios do pesquisador

Todo o meu percurso estudantil se realizou em instituições públicas, desde as séries iniciais do Ensino Fundamental até o último semestre do curso de doutorado. Certa vez a professora polivalente da minha turma, a 1ª série – Turma A do Ensino Fundamental, após nos abordar com a temática de plantas, solicitou a mim e meus colegas a trazermos garrafas PET, além de sementes de feijão e milho para fazermos uma atividade na escola. No outro dia chegamos com os materiais e a professora nos levou para a área externa do prédio da escola para plantarmos nossas sementes dentro da garrafa cortada. A partir daí íamos praticamente todos os dias para irrigar nossa sementeação numa animação só! Dias depois a professora trouxe para sala de aula algumas garrafas da atividade e nos mostrou que as sementes tinham germinado e gerado plantinhas. Nossa! Aquela cena ficou marcada profundamente até hoje: vi a raiz esbranquiçada adentrando a terra que estava na garrafa, e acima da terra as primeiras folhas de milho saindo.

Hoje, lembrando esse momento, acredito que ali se iniciou minha curiosidade em saber mais sobre os fenômenos estudados pelas Ciências Naturais. A “matéria” de Ciências tornou-se a minha favorita e, a partir daí, entre leituras, experimentos, discussões e percepções fui me aprofundando na área. No Ensino Médio, meus professores de Biologia foram essenciais para minha escolha pelo ofício de docência em Ciências Naturais: o primeiro professor me levou a vivenciar o processo de iniciação científica, instigando-me a compreender, refletir, resolver problemas e tomar decisões frente a temas

relacionados a bromélias, Mata Atlântica e bivalves oriundos da praia que margeia a cidade em que eu morava.

Na 3ª série do Ensino Médio, na dúvida entre cursar Bacharelado ou Licenciatura em Ciências Biológicas, fui estudar à noite e ali deparei-me com a professora de Biologia daquele turno. Ela entrou na sala, tinha um apagador e um pincel de lousa, e com apenas isso deu uma aula incrível de Genética Mendeliana, sem entraves conceituais e priorizando a apresentação simples das informações, com as quais minha turma composta por adultos podia resolver questões até mais complexas devido à explicação inicial da professora. Depois da explicação, ela se sentou em sua mesa e começou a conversar com uma estudante perguntando sobre a família, se tinha cosméticos para vender etc. Maravilhado com aquilo, compreendi que um professor não precisava se prender a livros, resumos, autoritarismo, ser frio ou desvincular sua essência humana da sua profissão docente. Ali, conversando com minhas vozes internas, afirmei: “Eu quero ser um professor assim!”, decidindo pela escolha para o curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Nesse mesmo ano sou aprovado para esse curso na Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Ainda na graduação sou empregado para ensinar para os ensinos Fundamental e Médio de uma instituição de ensino privada, e, nos primeiros anos de ensino, mesmo trabalhando iniciação científica com alguns estudantes, limitava-me a ensinar para o desenvolvimento de uma aprendizagem puramente memorística, mecânica, o famoso “decoreba”, e usando volta ou outra o “autoritarismo docente”. Entretanto, algo me incomodava: os estudantes não conseguiam resolver com facilidade questões que exigiam reflexão, criticidade ou aplicabilidade dos conhecimentos construídos a partir do episódio de ensino-aprendizagem. Por muito tempo eu não consegui refletir sobre ações didáticas para que o aprendizado dos meus estudantes fosse mais crítico, ativo, aplicável: julgava que quanto mais conhecimento era “transmitido” por mim e “captado” pelo estudante, mais preparado ele estaria para as provas e para o mundo. Entretanto, hoje reflito que esse não era um caminho adequado.

Em 2017, após desistir de me especializar em Ecologia, uma área biológica puramente experimental (sim, tentei sair da Área de Ensino), prestei seleção para o Mestrado Profissional em Ensino das Ciências Ambientais da Universidade Federal de Pernambuco, sendo aí apresentado pela minha orientadora à Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), a perspectiva da Aprendizagem Significativa Crítica (ASC) e à

Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC). Foi a partir daí que comecei a pensar possibilidades de intervenção utilizando os processos de assimilação e retenção significativas e de flexibilização do conhecimento como meios para tornar o ensino-aprendizagem de ciências mais efetivo, conforme meus anseios citados anteriormente.

A TAS me fez compreender que é importante considerarmos, num episódio de ensino, a individualidade do estudante, com suas concepções, interações e sentimentos próprios, incluindo motivação e interesse, para que ele aprenda de modo que seu conhecimento se construa porque faz sentido para ele. A ASC me adicionou uma perspectiva para um ensino articulado que subsidiasse um aprendizagem significativa do estudante de forma a torná-lo crítico. A TFC adicionou às minhas reflexões meios de tornar os conhecimentos que são construídos pelos estudantes aplicáveis a outros contextos, e a ideia de que a aprendizagem deve ser progressiva para que seja cada vez mais significativa, algo também comentado pela TAS.

Após terminar o mestrado, o qual utilizei uma estratégia FlexQuest no Ensino das Ciências Ambientais como estratégia potencialmente significativa (que tem potencial de promover aprendizagem significativa), decidi ingressar no doutorado com o objetivo de Desenvolver uma estratégia didática ancorada na convergência de princípios das Teorias da Aprendizagem Significativa e Flexibilidade Cognitiva para o ensino de ciências na Educação Básica que facilite a promoção de aprendizagens significativas e críticas. Mas o que justifica essa minha intenção, além das concepções empíricas?

1.2 Justificativa acadêmica

O papel social da escola é possibilitar ao estudante o desenvolvimento de conhecimentos e atitudes coletivamente concebidos ao longo da história, para que ele tenha oportunidades de participar efetivamente da sociedade. Neste processo, o estudante como sujeito consciente não utiliza seu aprendizado para adaptar-se somente, mas acima de tudo para transformar sua realidade. Mediante a aprendizagem o estudante adquire elementos essenciais para participar e atuar seguramente em uma sociedade marcada por mudanças constantes, portanto o processo de ensino deve desenvolver no estudante a capacidade de idear novas representações às informações assimiladas (Braga, 2019).

Desde o estabelecimento de sua obrigatoriedade nas séries finais do Ginásio pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação de 1961 e posterior ampliação dessa exigência para todo 1º Grau pela Lei 5.692/71, o ensino de ciências foi se desenvolvendo em resposta às

mudanças que as perspectivas de sociedade e de ciência passavam. Dessa forma, as concepções de ensinar e aprender ciências atualmente deveria direcionar os estudantes para o desenvolvimento de uma visão ativa e crítico-reflexiva dos conhecimentos que adquirem. As Ciências Naturais e afins, assim como a Matemática, fazem-se presentes em toda a vida das cidadãs e dos cidadãos e, por isso, seu ensino precisa estar orientado à aprendizagem para a cidadania. Entretanto, essa ainda não é uma realidade brasileira (Moreira, 2021a, 2021c).

Há um certo predomínio, na contemporaneidade, de um ensino de Ciências julgado anticientífico (Wieman, 2013), pois não aborda continuamente no percurso educativo as ciências como um processo baseado em observações, questionamentos, formulação de hipóteses, articulação de modelos, representação por metáforas e aproximações que são, por essência, concepções que se desenvolvem na ciência (Moreira, 2021a). Quase sempre o ensino científico ainda é inflexível, com o professor expondo informações como se fossem verdades absolutas, além de apresentar conceitos fora de foco e se limitar a aplicação de fórmulas, esquemas e cálculos em causalidades simples, únicas, priorizando a memorização de conteúdos curriculares e não utilizando situações que façam sentido para os estudantes (Moreira, 2021a, 2021b). Isto dificulta que eles apliquem seus conhecimentos consolidados a outros contextos, novos e/ou mais complexos (Spiro *et al.*, 1988; Vidmar; Sauerwein, 2021).

Com o desenvolvimento da internet e das tecnologias digitais, múltiplas transformações ocorreram no modo como as pessoas interagem e acessam a informação (Oliveira; Aquino; Cavalcante, 2020). As Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) se revelaram como recursos com potencial para a configuração de uma escola mais atraente e democrática, além constituírem estratégias didáticas para a promoção de aprendizagens mais efetivas. Isso em razão de essas tecnologias estarem evidenciando o surgimento de novos paradigmas educacionais (Moreira; Schlemmer, 2020; Oliveira *et al.*, 2020).

Ainda, proporcionar eventos educativos que possam desenvolver nos estudantes o desenvolvimento de competências básicas na educação formal proposta pela Base Nacional Comum Curricular – BNCC (Brasil, 2018) é algo necessário. Além disso, o ensino de ciências vem, mesmo no século XXI, sendo praticado desconectado das pesquisas em ensino (Lemos, 2011a), em especial os que se propõem investigar o uso de

tecnologias digitais como estratégias facilitadoras do desenvolvimento de aprendizagem significativa (Moreira, 2021a).

Se tratando do processo de aprendizagem, é um anseio desejado na área de educação que a formação dos indivíduos na escola possibilite a ampliação da compreensão que eles possuem do mundo onde vivem, sendo isso preconizado na BNCC (Brasil, 2018). Esse objetivo, no sentido mais abrangente, demanda inicialmente que os estudantes construam conhecimentos científicos e desenvolvam competências para encarar e resolver as situações que experienciam ou que venham a experienciar em algum momento de suas vidas, diversas delas inéditas ou novas. Essa dinâmica é o cerne da flexibilidade cognitiva, estudada na TFC (Spiro *et al.*, 1988, 2003; Brasil, 2018; Vidmar; Sauerwein, 2021). Assim, reflete-se a flexibilização do conhecimento como uma competência na qual o estudante desenvolve e se aproxima dos anseios supracitados, desenvolvendo, assim, uma aprendizagem mais funcional, essencialmente significativa e crítica.

Na óptica da aprendizagem significativa (AS), o processo de ensino-aprendizagem é visto como uma reestruturação constante daquilo que já se conhece, e não de modo redutor como apenas a assimilação mecânica de conhecimentos (Ausubel, 1963, 2003; Vidmar, 2017). Isso porque a constância dessa aprendizagem mecânica (AM) nos eventos educativos quase (ou) não desenvolvem um aprendizado significativo, muito menos crítico-reflexivo (Ausubel, 2003; Moreira, 2005a, 2011a, 2021a, 2021b).

A TAS, assim sendo, indica que pela percepção humana as coisas são tematizadas e pela compreensão as coisas podem ter significado (Masini, 2011). Ademais, a ASC se debruça sobre a ótica de um ensino voltado para promoção de aprendizagens significativas e críticas, a partir da observância de princípios facilitadores para estruturação de ações didáticas. Neste sentido, a ASC indica que no mundo contemporâneo a aprendizagem necessita ser significativa e crítica, pois o estudante munido dos seus saberes construídos significativamente pode defrontar o mundo ao seu redor como um contexto a ser observado, refletido, criticado e modificado por ele (Moreira, 2005a, 2011a). Assim,

Ainda nesta direção, observei em meu estudo de mestrado que um ensino voltado a educar os estudantes à flexibilidade cognitiva, via transferência de seus conhecimentos construídos para novas situações de seu cotidiano, cada vez mais complexas ou de contextos fictícios, se configurava como uma ação facilitadora do desenvolvimento de

uma aprendizagem significativa crítica (Oliveira; Aquino; Gusmão, 2017; Oliveira; Silva; Aquino, 2017; Oliveira, 2018; Oliveira; Gusmão; Aquino, 2018; Oliveira; Aquino, 2019a, 2019b, 2021;). A partir desses estudos, entendi que um aprofundamento maior entre a TAS/ASC e TFC, elencando os pontos em que elas convergem – a zona de intersecção – em verde na Figura 1, poderia ser um objeto de pesquisa que pudesse embasar a ideação de estratégias que promovessem o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa crítica via flexibilização de conhecimentos.

Figura 1 – Esquema que simboliza a zona de intersecção (em verde) entre a Teoria da Aprendizagem Significativa, a perspectiva da Aprendizagem Significativa Crítica (em azul) e a Teoria da Flexibilidade Cognitiva (em amarelo).



Fonte: Autor

Mesmo a TAS/ASC já indicando que a transferência de conhecimentos para outras situações é um indício de aprendizagem significativa e crítica, a progressividade dessa transferência para domínios complexos de conhecimentos é objeto de estudo e é especificada pela TFC. Assim, diante do cenário até aqui apresentado, acredito que os pontos em comum (zona verde da Figura 1) das teorias supracitadas podem subsidiar uma nova tecnologia educacional, cuja aplicação em eventos educativos possa levar o estudante a aprender ciências de forma que ele tenha experiências de aprendizagens mais significativas (Moreira, 2021a). Assim, ele poderá ter a possibilidade de desenvolver com mais êxito as capacidades de argumentação, criticidade, reflexão e resolução de problemas, competências essenciais para o mundo contemporâneo (Brasil, 2018; Moreira, 2021a).

Portanto, ao promover aprendizagens mais significativas, flexíveis e críticas, esta tese contribui para a consolidação de três Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): o *ODS 4 - Educação de Qualidade*: melhorar a qualidade da educação,

promovendo uma aprendizagem mais significativa e ativa; o *ODS 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura*: desenvolver novas estratégias educacionais pode envolver inovação na área de ensino e aprendizado; e o *ODS 10 - Redução das Desigualdades*: uma estratégia didática eficaz pode contribuir para a redução das desigualdades educacionais, garantindo que os estudantes possam ter acesso a oportunidades de aprendizado de alta qualidade.

1.3 Questão de pesquisa

A partir das observações e reflexões supracitadas, deflagrou-se a seguinte questão: *Quais os pontos convergentes entre a Teoria da Aprendizagem Significativa, sua versão Crítica e a Teoria da Flexibilidade Cognitiva? Como esses pontos podem ser ordenados para elaboração de uma estratégia didática que facilite o desenvolvimento de aprendizagens significativas e críticas?*

A partir destas questões de pesquisa, esse estudo de doutoramento se debruçou sobre os princípios de cada teoria e desenvolveu uma estratégia didática baseada na TAS/ASC e TFC para utilização no ensino de ciências, que proporcionasse aos estudantes o desenvolvimento de competências essenciais para a educação básica e, conseqüentemente, para a vida.

1.4 Objetivos

1.4.1 OBJETIVO GERAL

Investigar a convergência entre a Teoria da Aprendizagem Significativa, sua perspectiva crítica (ASC) e a Teoria da Flexibilidade Cognitiva para fomentar o desenvolvimento de uma estratégia didática que promova aprendizagens significativas e críticas no ensino de ciências da Educação Básica.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

(A) Analisar os princípios fundamentais da Teoria da Aprendizagem Significativa, a ASC e a Teoria da Flexibilidade Cognitiva.

(B) Identificar os princípios convergentes entre a Teoria da Aprendizagem Significativa, a ASC e a Teoria da Flexibilidade Cognitiva, concebendo descritores para embasar a elaboração de uma estratégia didática potencialmente significativa.

(C) Desenvolver uma estratégia didática inédita para o ensino de Ciências da Natureza na Educação Básica, organizada segundo os descritores concebidos, e analisar sua potencialidade de promover aprendizagens significativas e críticas.

1.5 Organização da Tese

A Introdução (Capítulo 1) versa sobre um breve relato do pesquisador, de como seu interesse por ciências se desenvolveu ao longo da sua vida de estudante, e como isso culminou na sua escolha pelo ofício de professor de Ciências da Natureza. Ainda, é apresentada a questão de pesquisa e as justificativas acadêmicas que fundamentam a problemática apresentada, bem como os objetivos do estudo.

O Capítulo 2 aborda os princípios e elementos das teorias que embasam o estudo (referencial teórico), seus pontos convergentes e apresenta estratégias didáticas já consolidadas baseadas nessas teorias. Já o Capítulo 3, trata do percurso metodológico deste estudo, com a classificação da pesquisa e o delineamento metodológico para a concepção da estratégia didática proposta neste estudo – *FLEX-AS*.

Por fim, o Capítulo 4 discorre sobre a caracterização e fundamentação da *FLEX-AS*, apresentando seus momentos e etapas, bem como uma discussão teórico-metodológica do porquê tais elementos têm potencial de promover aprendizagens significativas e críticas. Ainda, é apresentada uma *FLEX-AS* elaborada para o ensino de Cadeias Alimentares como exemplo de abordagem com esta tecnologia educacional.

2 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, SUA VERSÃO CRÍTICA E A TEORIA DA FLEXIBILIDADE COGNITIVA: CONCEITOS E ABORDAGENS

Os processos de ensino e aprendizagem são fundamentais para o desenvolvimento humano, desempenhando um papel central na jornada de conhecimento e crescimento das pessoas. Desde os primórdios da civilização, a transmissão de informações, a construção de conhecimentos e o desenvolvimento de habilidades e valores têm representado uma parte essencial da cultura e da sociedade. No entanto, a forma como se ensina e se aprende evoluiu significativamente ao longo do tempo, adaptando-se às mudanças tecnológicas, sociais e culturais.

Nesta direção, para educar as próximas gerações de maneira eficaz, é imperativo que os educadores estejam dispostos a ajustar suas abordagens de ensino para refletir as transformações sociais e culturais. Isso se faz necessário porque a educação desatualizada corre o risco de se tornar irrelevante e incapaz de preparar os alunos para enfrentar os desafios e oportunidades do mundo em constante mudança. Assim, é fundamental que a educação evolua junto com a sociedade, garantindo que os estudantes adquiram as habilidades e conhecimentos necessários para se adaptarem e prosperarem em um ambiente em transformação (Brasil, 2018).

A aprendizagem é um fenômeno complexo e central para o desenvolvimento humano, sendo um processo contínuo e dinâmico que ocorre ao longo da vida de uma pessoa e influencia profundamente sua capacidade de se adaptar, crescer e interagir com o mundo ao seu redor. Ausubel, Novak e Hanesian (1978), Ferreira (1999), Aulete (2004) e Salvador (2007) afirmam que os principais conceitos de aprendizagem, cotidianamente, englobam: (1) ação de reter algo, firmar algo na memória, ter domínio em qualquer ofício, arte, ciência ou profissão (aprender a fazer algo, tornar-se capaz de); (2) ato, processo ou resultado da aquisição de conhecimento via estudo/escolarização, adquirir informações (com algum propósito); (3) aprender algo, seja conhecimento ou habilidade, mediante escolarização e estudo, instruir-se e preparar-se para; (4) desenvolver habilidades práticas (aprender a praticar um esporte); (5) conhecimento ou habilidade obtidos via estudo e/ou treinamento, aplicados a iniciantes em busca da aquisição de algo; (6) retenção na memória, esforço deliberado para adquirir conhecimentos acerca de algo relacionado à

vontade de aprender; (7) experiência, carga emocional e sensibilidade adquiridas com a vida.

Nesse estudo, é dada uma ênfase à chamada aprendizagem por assimilação e retenção significativas, cuja teoria é desenvolvida por David Ausubel (Ausubel, 1963) e mais tarde adicionada uma perspectiva crítica pelo professor Marco Antonio Moreira (Moreira, 2005a). Além dessas, também se discorrerá sobre a Teoria da Flexibilidade Cognitiva, de Rand Spiro (Spiro *et al.*, 1987), cuja observância de suas concepções traz a reflexão de que é possível realizar um diálogo entre as duas teorias.

2.1 Teoria da Aprendizagem Significativa

Ausubel, psiquiatra americano, filho de judeus que imigraram para os Estados Unidos da América, concebeu a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) a partir de reflexões observadas ao longo de sua trajetória de vida. Seu interesse por compreender o processo de aprendizagem foi consequência das dificuldades que passou nas escolas norte-americanas, gerando uma insatisfação com a sua escolarização, pois as condições para favorecer sua aprendizagem e a dos seus colegas de forma que os levassem a assimilar novos conhecimentos de forma substantiva praticamente não existiam (Masini, 2011). A prática profissional e seus estudos como especialista em Psicologia do Desenvolvimento fizeram Ausubel compreender e sensibilizar-se da importância da idiosincrasia do aprendiz, ou seja, do valor que a individualidade de cada indivíduo tem no processo de aquisição de significados pelo mesmo (Ausubel, 1963, 2003; Masini, 2011).

A TAS concerne que a aprendizagem com significado acontece por meio de um processo de interação cognitiva entre conceitos novos (trazidos por algo ou alguém) e os conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz (denominados subsunçores), gerando uma reconfiguração deles e, assim, uma assimilação significativa desses conhecimentos (Ausubel, 1963, 2003). Essa interação é substantiva, ou seja, a assimilação dos conceitos novos não é literal, ao pé da letra; e não-arbitrária, ou seja, acontece com subsunçor(es) específicos relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz (Ausubel, 1963; Moreira, 2012a).

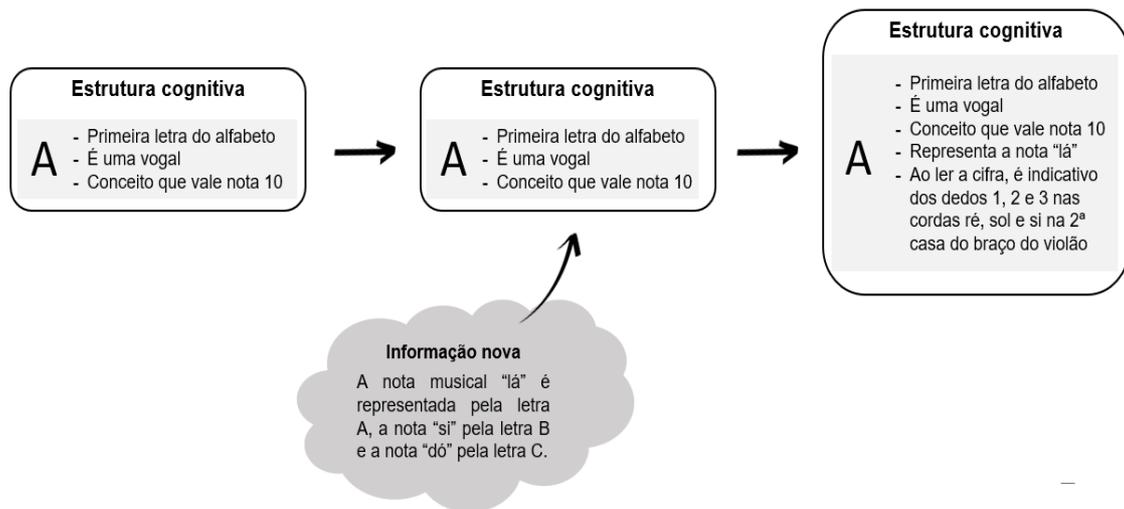
Ausubel (2003) denomina estrutura cognitiva como um conjunto total e articulado de conhecimentos do indivíduo; ou, na perspectiva da aprendizagem de um tema, remete ao conteúdo e organização das ideias e concepções que o estudante tem naquela área particular de conhecimento. Assim, a estrutura cognitiva é um constructo próprio de cada indivíduo, bastante organizado, hierarquizado e interacional, que se desenvolve de forma singular (AUSUBEL, 2000; NOVAK; CANAS, 2010; MOREIRA, 2012b).

Os subsunçores podem ser ideias, concepções, símbolos, representações mentais, proposições (Moreira, 2012a), sendo esses conhecimentos pré-existentes na estrutura cognitiva do aprendiz a variável mais importante para a promoção de uma aprendizagem significativa (Ausubel, 1963, 2003). Entretanto nem sempre essa variável é benéfica, construtiva (Moreira, 2008), pois podem representar um obstáculo epistemológico. Ainda mais, descobrir o que o estudante já conhece é mais do que descobrir seus conceitos e ideias, sendo importante também que se considere a integralidade do estudante enquanto sujeito cultural/social em suas manifestações e linguagens afetivas, corporais e cognitivas (Lemos, 2011a). “Para tanto, o professor deve se demonstrar aberto àquilo que o estudante possa revelar as suas expectativas vividas, os objetos incorporados na sua vida, suas condições existenciais e não apenas o aspecto intelectual” (Agra *et al.*, 2019, p. 2).

É necessário observar que a aprendizagem é significativa quando novos conhecimentos passam a significar alguma coisa para o aprendiz, por exemplo, quando ele/ela consegue entender, denotar e interpretar processos e situações com suas próprias linguagens, quando consegue interpretar, argumentar, criticar, refletir e resolver problemas com os novos conhecimentos construídos; em suma, quando compreende (Moreira, 2003a). A Figura 2 ilustra um exemplo de interação entre um conceito novo e um subsunçor, segundo a ideia da TAS.

Na Figura 2 tem-se na estrutura cognitiva de um aprendiz o subsunçor “A” ancorando três concepções/representações. Após a apresentação de uma nova informação, acontece o estabelecimento de um novo significado para o aprendiz de violão (A é a letra que representa a nota lá da escala musical), ocorrendo uma reorganização de estrutura cognitiva para acolher essa nova concepção, uma vez que ela faz sentido, ou seja, é significativa para ele. De modo específico, esse tipo de AS é classificada como subordinada derivativa (Ausubel, 2003).

Figura 2 – Esquema de interação significativa, segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa, entre um conceito prévio (subsunçor) e uma informação nova apresentada ao aprendiz.



Fonte: Autor

A AS se consolida como um contraponto para a aprendizagem mecânica (AM) (memorística), que é a apreensão de definições, ideias e conceitos desconexos, aleatórios, sem ancoragem nos subsunçores. No entanto, a AS e a AM “não se trata, pois, de uma dicotomia, mas de um contínuo no qual elas ocupam os extremos” (Moreira; Caballero; Rodríguez, 1997, p. 2), sendo este um caminho de progressividade entre uma apreensão literal, arbitrária e sem significado e uma incorporação substantiva, não-arbitrária e com sentido/compreensão para o aprendiz (Figura 3) (Moreira, 2005a).

Inclusive, é possível que uma aprendizagem inicialmente mecânica evolua até uma aprendizagem com significado, com compreensão. Aprendizagem significativa é progressiva, mas isso não quer dizer que necessariamente tenha que começar mecanicamente (MOREIRA, 2021, p. 27).

Figura 3 – *Continuum* entre a Aprendizagem Mecânica e a Aprendizagem Significativa. Na zona cinza ocorre a maior parte do processo de aprendizagem.



Fonte: Adaptado de Moreira (2021).

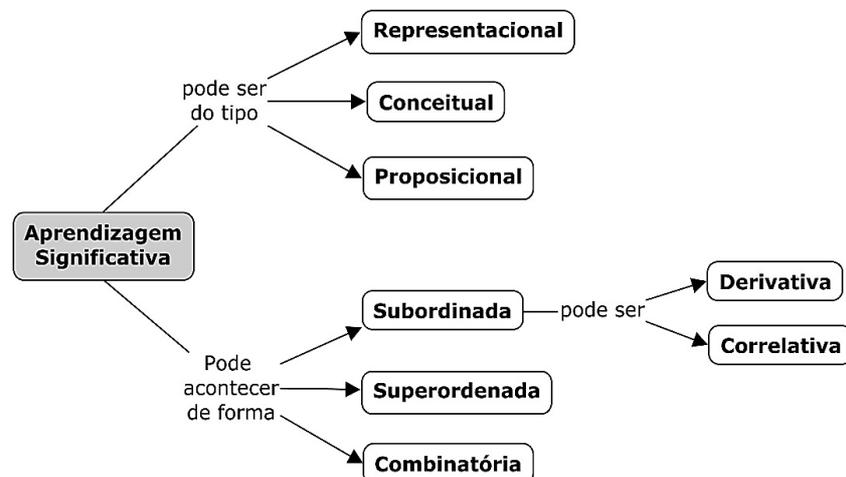
Um outro fator ainda não descrito, mas que é fundamental para a consolidação de uma aprendizagem significativa é a predisposição do estudante a aprender (Ausubel, 2003). “Para aprender significativamente, o aprendiz tem que manifestar uma disposição de relacionar, de maneira não-arbitrária e não-literal, a sua estrutura cognitiva os significados que capta dos materiais educativos” (MOREIRA, 2008, p. 10).

2.1.1 TIPOS E FORMAS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A Figura 4 apresenta um mapa conceitual que ilustra os tipos e formas que a AS se estabelece. Quanto aos tipos de AS, podem ocorrer as aprendizagens *representacional*, *conceitual* e *proposicional* (Ausubel, 2003).

A *AS representacional* acontece quando uma palavra ou algum outro signo indica coisas, eventos particulares, existindo “uma relação biunívoca entre um símbolo e um objeto ou evento” (Moreira, 2021c, p. 27). Ela é a primária na aquisição significativa de conhecimentos e aproxima-se da aprendizagem mecânica por estabelecer-se na estrutura cognitiva sem ter necessariamente uma ancoragem (Ausubel, 2003). Esse tipo de aprendizagem é bastante presente no início da aprendizagem de vocabulário nas crianças, entretanto pode ocorrer em qualquer idade quando o indivíduo não possui um conceito, isto é, quando uma palavra representa somente um caso particular, um evento ou objeto específico (Ausubel, 2003; Moreira, 2021c). Exemplificando, se a palavra biodiversidade significa apenas a variedade de seres vivos de um ambiente, o indivíduo não tem conceito de biodiversidade, tem apenas uma representação significativa de biodiversidade.

Figura 4 – Tipos e formas em que aprendizagem significativa se estabelece.



Fonte: Autor.

A *AS conceitual* ocorre quando um signo linguístico indica regularidades em objetos, fenômenos, propriedades e situações (Ausubel, 2003; Moreira, 2021c). Tendo de volta a palavra biodiversidade, caso seja um conceito e não uma representação, ela apontará regularidades para uma série de diversidades biológicas que podem ser de espécies animais (fauna) e/ou vegetais (flora), genéticas, funcionais, ecológicas (alfa, beta e gama). Existem dois movimentos de *AS conceitual*: *a formação de conceitos*, o qual ocorre essencialmente em crianças com idade pré-escolar, em consequência de experiências diretas; e a *assimilação de conceitos*, que é o modo predominante de aprendizagem conceitual nas crianças em época escolar e nos adultos (Ausubel, 2003).

A *AS proposicional* dá-se quando se constrói significados de uma ideia na forma de proposição (frase, sentença). Diferentemente dos outros tipos de *AS*, a *AS proposicional* não concerne um aprendizado do significado das palavras em sentido restrito ou amplo, mas sim uma incorporação de significados oriundos de grupos de palavras (ou outros signos) (Ausubel, 2003). Em suma, pode-se afirmar que a *AS proposicional* é um processo mais complexo, fruto da progressividade ocasionada pelo estabelecimento da *AS representacional* e *AS conceitual* no indivíduo.

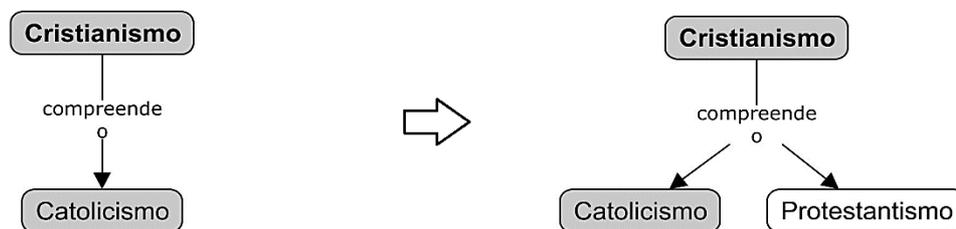
Corroborando com a ideia anterior, a exemplo, a sentença: *A biodiversidade compreende múltiplas variáveis ecológicas e genéticas para estudo* indica que quem escreveu compreende os signos (variável = aquilo que pode ser medido; genéticas = relacionadas à hereditariedade) (*AS representacionais*) e os conceitos (compreende = que abrange, que abarca, que engloba, que envolve; múltiplas = muitas, várias, bastantes, diversas; ecológicas = relativas à ecologia, que provém da relação entre seres vivos ou deles com o ambiente) (*AS conceitual*). Assim sendo, o indivíduo autor da proposição soube relacionar os signos e conceitos existentes em sua estrutura cognitiva, num sentido que é lógico para ele. Logo, o exemplo indica uma proposição possivelmente aprendida significativamente.

Quanto às formas de ocorrência de *AS*, especificamente para as aprendizagens significativa conceitual e *AS proposicional*, existem três: *AS subordinada*, *superordenada* e *combinatória* (Ausubel, 2003). A *AS subordinada* acontece quando uma nova informação ganha significado para o aprendiz porque se ancorou em um subsunçor especificamente relevante de sua estrutura cognitiva. Essa interação é denominada subsunção e acontece porque o subsunçor tem maior grau de abstração e generalização que a informação nova recebida, a qual passa a integrá-lo (Ausubel, 2003). “Como é um

processo interativo, essa ancoragem é metafórica, pois o subsunçor pode se modificar, ganhar mais significados, ficar mais diferenciado e mais capaz de ‘ancorar’ ou subsumir outros novos conhecimentos” (Moreira, 2021c, p. 28). A AS subordinada pode se apresentar na forma *derivativa*, quando a nova informação corrobora, reforça ou é exemplo do subsunçor; ou na forma *correlativa*, quando a informação nova amplia, melhora, acentua o subsunçor (Ausubel, 2003).

A Figura 5 e a Figura 6 ilustram exemplos das formas de AS subordinada de um estudante hipotético utilizando a temática de Religião. Considerar-se-á que os conceitos em cinza são os subsunçores e os em branco são os conceitos novos.

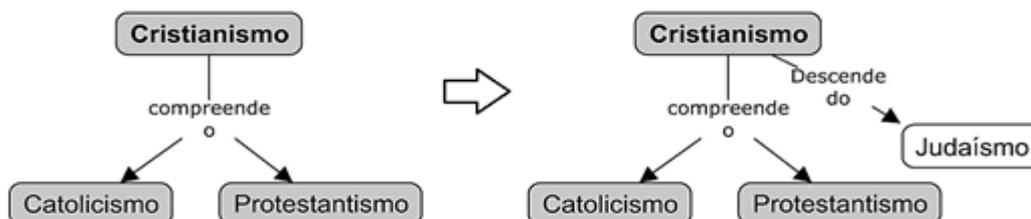
Figura 5 – Exemplo de ocorrência de uma aprendizagem significativa subordinada derivativa num evento educativo acerca do tema Religião.



Fonte: Autor.

Na Figura 5 observa-se que o estudante já tinha estabelecido previamente em sua estrutura cognitiva, de modo mais amplo, o conceito de “Cristianismo”. Esse ancorava o conceito mais específico “Catolicismo”, como um exemplo de doutrina constituinte. Após um evento educativo, o estudante acabou assimilando significativamente o conceito “Protestantismo” como uma outra doutrina constituinte do “Cristianismo”, configurando-se como um segundo exemplo de movimento cristão. Como houve uma nova exemplificação do subsunçor mais amplo, afirma-se que essa é uma AS subordinada derivativa.

Figura 6 – Exemplo de ocorrência de uma aprendizagem significativa subordinada correlativa num evento educativo acerca do tema Religião.



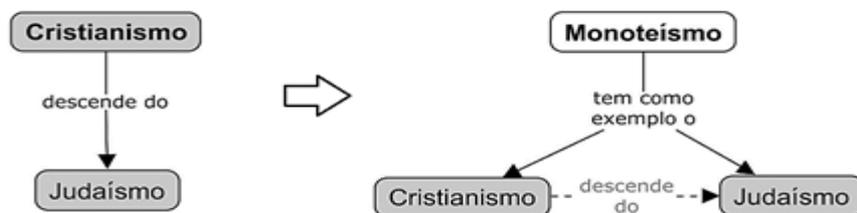
Fonte: Autor.

Na Figura 6 percebe-se que um terceiro conceito se ancora ao “Cristianismo”: o “Judaísmo”, ampliando os significados do subsunçor por adicionar a compreensão de ancestral-descendente. Essa assimilação que torna do conceito “Cristianismo” mais qualificado, compreensível e amplo indica uma AS subordinada correlativa.

A AS *superordenada* ocorre quando a informação nova é ampla demais para se ancorar em quaisquer subsunçores relevantes existentes, sendo mais abrangente que estes e passando, então, a assimilá-los (Ausubel, 2003). Essa forma de ocorrência da AS é menos frequente do que a subordinada, sendo fundamental na formação de conceitos e na associação e reconciliação integrativa de proposições à primeira vista não associadas ou conflitantes (Ausubel, 2003; Moreira; Caballero; Rodríguez, 1997).

A Figura 7 ilustra um exemplo de AS superordenada a partir da temática Religião. Isto porque após receber a informação de que o Monoteísmo é movimento em que há a crença em apenas um deus, o estudante compreende que Cristianismo e o Judaísmo são exemplos de religiões monoteístas, sendo o conceito “Monoteísmo” mais amplo que os conceitos já existentes na estrutura cognitiva dele, subsumindo-os.

Figura 7 – Exemplo de ocorrência de uma aprendizagem significativa superordenada num evento educativo acerca do tema Religião.



Fonte: Autor.

Quando uma informação nova é captada pelo aprendiz, mas não se ancora em subsunçores específicos e nem serve de âncora para outros conceitos, tem-se aí uma AS *combinatória* (Ausubel, 2003). Essa forma de aprendizagem ocorre porque a construção significativa do conhecimento novo necessita não apenas de subsunçores específicos, mas de sim de um corpo de conhecimentos prévios mais amplo e abrangente, uma espécie de “base subsunçora” que o aprendiz possui sobre a temática que aborda a informação recebida (Aquino; De Chiaro, 2013; Ausubel, 2003; Moreira, 2021c). Boa parte das generalizações que os estudantes aprendem em Ciências Naturais, Humanas e Matemática consistem em exemplos de aprendizagem combinatória.

Retomando o exemplo da Figura 5, Figura 6 e Figura 7, uma AS combinatória na temática religiosa pode se estabelecer ao se estimular a compreensão acerca dos embates religiosos cristãos no início da Idade Moderna, que culminou na Reforma Protestante. Aqui observa-se que é necessário um corpo amplo de conceitos e concepções prévias para que o estudante possa aprender significativamente sobre o conteúdo conceitual abordado. Sendo assim, “as relações de subordinação, superordenação e combinação de conceitos, ideias ou proposições delinham a organização hierárquica da estrutura cognitiva” (Amaral, 2018, p. 23).

2.1.2 PROCESSOS INERENTES À APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A estrutura cognitiva é dinâmica e a aprendizagem significativa é progressiva, com os conhecimentos existentes aí interagindo entre si e com aquilo que é recebido e/ou descoberto (Moreira, 2012b). Assim, para o estabelecimento de uma AS Ausubel (2003) comenta que ocorrem dois principais movimentos cognitivos: a *diferenciação progressiva* e a *reconciliação integrativa*.

Como explicitado, na forma de AS mais comum (subordinada) os subsunçores interagem com novas informações, servindo de base para a construção de novos conhecimentos. Nesse sentido, conforme o aprendiz vai assimilando informações, vai ocorrendo uma mudança progressiva nesse subsunçor, que se torna mais diferenciado, mais elaborado e capaz de ancorar novos conhecimentos. Esse movimento é denominado *diferenciação progressiva* (DP) (Ausubel, 2003; Moreira, 2005b). Na DP, em suma, os conhecimentos são hierarquizados (diferenciados) na estrutura cognitiva de modos mais gerais e inclusivos para os mais específicos, ou seja, “os conceitos mais abrangentes são sucessivamente decompostos noutros conceitos mais específicos” (Bolacha; Amador, 2003, p. 33).

Sobre a dinâmica que acontece no processo de DP, Moreira (2021c, p. 28) comenta que:

À medida que novos conhecimentos vão sendo incorporados, de modo significativo, à estrutura cognitiva de quem aprende, esses conhecimentos vão interagindo com conhecimentos prévios e sendo progressivamente diferenciados em relação a eles. Contudo, se essa diferenciação continuasse indefinidamente em uma área de conhecimentos o resultado seria uma compartimentalização desses..., ou seja, “nada teria a ver com nada”.

Entretanto isso não acontece porque outro processo cognitivo acontece simultaneamente, o de *reconciliação integrativa* (RI). Quando se aprende, a estrutura cognitiva passa por reorganizações de significados e é percebido o que é semelhante, o que é um fenômeno particular, as distinções e exemplos para aquele conceito aprendido. Isto é, ao contrário de diferenciar tudo, é preciso também propiciar ao aprendiz integrações e reconciliações de conhecimentos (Ausubel, 2003; Moreira, 2021c). Segundo Moreira (Moreira, 2012b), a RI age eliminando diferenças observadas, resolvendo incoerências, integrando significados e fazendo superordenações.

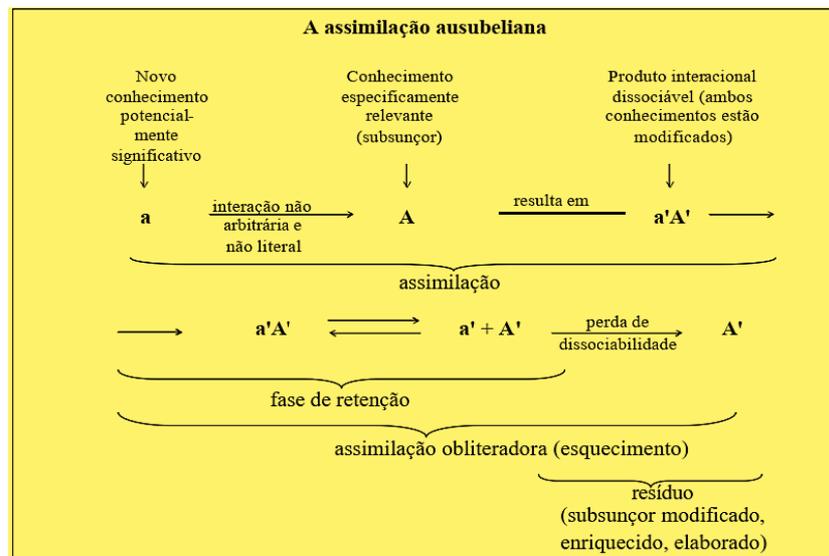
Quando aprendemos de maneira significativa temos que progressivamente diferenciar significados dos novos conhecimentos adquiridos a fim de perceber diferenças entre eles, mas é preciso também proceder a reconciliação integradora. Se apenas diferenciarmos cada vez mais os significados, acabaremos por perceber tudo diferente. Se somente integrarmos os significados indefinidamente, terminaremos percebendo tudo igual. Os dois processos são simultâneos e necessários à construção cognitiva, mas parecem ocorrer com intensidades distintas. A diferenciação progressiva está mais relacionada à aprendizagem significativa subordinada, que é mais comum, e a reconciliação integradora tem mais a ver com a aprendizagem significativa superordenada que ocorre com menos frequência (Moreira, 2012b, p. 7).

A AS tem suas características e processos que compreendem o estabelecimento de um aprendizado com compreensão, mas isso não significa que o indivíduo que aprende significativamente nunca esquecerá aquele conhecimento que construiu. Depois que se estabelece a AS, há uma fase de retenção e uma posterior (e natural) perda de dissociabilidade entre os conceitos/concepções/ideias. Esse fenômeno é denominado *assimilação obliteradora* (Ausubel, 2003), que é análoga ao esquecimento na perspectiva da TAS (Moreira, 2007a).

A assimilação obliteradora concerne na perda sucessiva da dissociabilidade dos conhecimentos novos em relação aos conhecimentos que lhes proporcionaram ancoragem cognitiva (subsunçores) (MOREIRA, 2012a). A exemplo e observando o esquema ilustrado pela Figura 8, o mesmo autor explicita:

Consideremos o esquema a seguir, onde **a** é um novo conhecimento (um conceito, uma proposição, uma fórmula, ...) e **A** um subsunçor (um conceito, uma proposição, uma ideia, um modelo, ...) especificamente relevante à aprendizagem significativa de **a**: **a** interage com **A** gerando um produto interacional **a'A'** que é dissociável em **a'+A'** durante a fase de retenção, mas que progressivamente perde dissociabilidade até que se reduza simplesmente a **A'**, o subsunçor modificado em decorrência da interação inicial. Houve, então, o esquecimento de **a'**, mas que, na verdade, está obliterado em **A'** (Moreira, 2012a, p. 20).

Figura 8 – Tipos e formas em que aprendizagem significativa se estabelece.



Fonte: Moreira (2007).

Assim, distintamente da AM, em que o esquecimento é rápido e quase total, na AS o olvido é residual, isto é, há um resquício do conhecimento que foi esquecido no subsunçor que interagiu com ele (Ausubel, 2003; Moreira, 2021c). Quando não se utiliza um conhecimento por tanto tempo, caso a aprendizagem tenha sido significativa, tem-se uma percepção (positiva, edificante) de que, se necessário, pode-se reaprender esse conhecimento sem maiores obstáculos, em um tempo mais ou menos curto. Caso a aprendizagem tenha sido mecânica, a percepção (negativa, desedificante) é a de que esse conhecimento jamais foi aprendido, não fazendo muito sentido se falar em reaprendizagem (Moreira, 2012b).

Ainda nesta direção, em primeiro lugar, sabe-se que a eficiência da aprendizagem significativa sobre a mecânica reside no fato de que a primeira implica uma construção de significados com compreensão e capacidade de transferência a situações novas, e na AM o sujeito tem a capacidade de atender somente a situações conhecidas, já vividas. Na perspectiva do esquecimento dos saberes, há outra vantagem da AS sobre a AM: a primeira promove maior retenção de conhecimentos e a possibilidade de reaprendizagem (a qual quase inexistente na aprendizagem mecânica) em bem menos tempo do que aquele passado no evento educativo inédito (Ausubel, 2003; Moreira, 2012b, 2021c).

2.1.3 PRINCÍPIOS PROGRAMÁTICOS PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Para facilitar a AS é importante o professor considerar dois aspectos a serem trabalhados: (a) conteúdo/tema curricular e (b) estrutura cognitiva do aprendiz. Quanto ao aspecto (a), Moreira, Caballero e Rodríguez (1997, p. 17) comentam que:

É necessário fazer uma análise conceitual do conteúdo para identificar conceitos, ideias, procedimentos básicos e concentrar neles o esforço instrucional. É importante não sobrecarregar o aluno de informações desnecessárias, dificultando a organização cognitiva. É preciso buscar a melhor maneira de relacionar, explicitamente, os aspectos mais importantes do conteúdo da matéria de ensino aos aspectos especificamente relevantes da estrutura cognitiva do aprendiz. Este relacionamento é imprescindível para a aprendizagem significativa.

Nesse sentido, é fundamental que haja uma análise prévia do que vai ser ensinado. Nem tudo que constitui os materiais e programas curriculares é necessário ensinar literalmente (Moreira; Caballero; Rodríguez, 1997). Segundo os mesmos autores, a sequência em que os conceitos principais e ideias do tema de ensino surgem nos materiais didáticos e no currículo pode não ser a mais adequada para favorecer a interação com os conhecimentos prévios do estudante. É importante fazer essa análise crítica pensando no aprendiz.

Se tratando do aspecto (b), é condição indispensável para a ocorrência da aprendizagem significativa a presença de subsunçores específicos e relevantes que irão interagir com as informações recebidas ou descobertas pelo aprendiz (Ausubel, 2003). Quando não há no aprendiz esses subsunçores, porque não foram estabelecidos ou porque foram obliterados, Ausubel recomenda o uso dos organizadores prévios, que são recursos que objetivam estabelecer uma “ponte cognitiva” entre concepções que o aprendiz já sabe (mas que são insuficientes para uma aprendizagem significativa) e o material ou ação potencialmente significativos (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980). Sobre os organizadores prévios, Moreira (2012a, p. 14) explana que:

É um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem. Não é uma visão geral, um sumário ou um resumo que geralmente estão no mesmo nível de abstração do material a ser aprendido. Pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação. Pode ser também uma aula que precede um conjunto de outras aulas. As possibilidades são muitas, mas a condição é que

preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este.

No que tange à facilitação da AS por meio da organização de ações didáticas, Ausubel (2003) indica quatro princípios programáticos do conteúdo/tema: *diferenciação progressiva*, *reconciliação integrativa*, *organização sequencial* e *consolidação*. A diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são tanto processos cognitivos quanto princípios programáticos que devem ser observados para promoção de uma AS (MOREIRA; CABALLERO; RODRÍGUEZ, 1997; MOREIRA, 2012b).

A *diferenciação progressiva* deve ser o primeiro movimento didático e, na organização do material de ensino, implica os conceitos e ideias do conteúdo/tema ensinado serem apresentados dos aspectos mais gerais e inclusivos para os aspectos mais detalhados e específicos, de forma progressiva. Após, deve haver uma ação de *reconciliação* integrativa, que é um movimento que deve propiciar relacionar ideias, perceber similaridades e distinções importantes entre os conceitos e reconciliar incoerências concretas ou aparentes (Ausubel, 2003; Moreira; Caballero; Rodríguez, 1997).

Ausubel estabelece esses dois princípios programáticos iniciais das ações de ensino por corresponderem aos dois processos naturais da dinâmica da estrutura cognitiva. Isto é, na procura de organização cognitiva, o aprendiz vai, concomitantemente, diferenciando progressivamente e reconciliando integrativamente os conhecimentos internalizados. Por consequência, o ensino será potencialmente significativo se considerar esses processos como princípios organizadores (Moreira, 2005a).

Por outro lado, o princípio da *consolidação* compreende a ação docente de assegurar que o aprendiz assimilou e construiu os saberes planejados nos objetivos de aprendizagem antes de passar para a etapa posterior de ensino. Isso necessita ser observado para garantir que os estudantes possuam subsunçores específicos e relevantes para aprender novos significados posteriormente (Ausubel, 2003). Já a *organização sequencial* consiste em sequenciar as unidades de estudo de forma tão lógica e coesa quanto possível, estabelecendo as relações de dependência naturais que acontecem entre os outros princípios programáticos (Ausubel, 2003; Moreira, 2005a).

2.2 A Aprendizagem Significativa Crítica

Após a aposentaria de Ausubel, o então professor de Educação da Universidade de Cornell, Joseph D. Novak, ocupou-se de refinar, aperfeiçoar e divulgar a TAS. Novak passou a realizar pesquisas voltadas para a Teoria, orientando o estudo de doutoramento de um pesquisador importante da Área de Ensino das Ciências no Brasil: o físico e professor Marco Antonio Moreira.

Em um dado momento de sua jornada profissional, Moreira, a partir do livro *Teaching as a Subversive Activity*, publicado em 1969 pelos pesquisadores Postman e Weingartner refletiu sobre as premissas que regiam o ensino tradicional, as quais indicavam que não se deveria ensinar conceitos como verdades absolutas, como certezas imutáveis, como entidades isoladas de contextos, como estados fixos das coisas, como resultados de relações de causa-e-efeito simples ou como dicotomias simplórias; e que ato de ensinar deveria romper com a transmissão vertical (do professor para os estudantes) (Moreira, 2005a).

Enquanto Postman e Weingartner se preocupavam em observar iniciativas disruptivas no ensino, Moreira se aprofundava no processo de aprendizagem, entendendo e principiando a AS como um movimento subversivo, no sentido de o aprendiz, munido dos conhecimentos aprendidos significativamente, adotar uma postura crítica como ação de sobrevivência no mundo contemporâneo. Assim, a promoção de uma aprendizagem significativa crítica apresentava-se como uma estratégia potencial de ensino (Moreira, 2005a, 2017).

Desta forma e em oposição a um ensino puramente mecânico, para testagem em exames, acrítico e que não se estendia para além da memorização de conceitos a fim de aplica-las a situações já conhecidas, Moreira, no início dos anos 2000, concebeu a ASC, uma perspectiva crítica da TAS. Segundo o autor, a ASC

é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela. Trata-se de uma perspectiva antropológica em relação às atividades de seu grupo social que permite ao indivíduo participar de tais atividades, mas, ao mesmo tempo, reconhecer quando a realidade está se afastando tanto que não está mais sendo captada pelo grupo (Moreira, 2005a, p. 7).

É por meio da Aprendizagem Significativa Crítica (ASC) que o professor poderá articular ações didáticas em que o estudante abordado por elas será capaz de,

concomitantemente, integrar sua cultura e não ser dominado por ela e seus mitos, ritos e ideologias. É pela aprendizagem oriunda da perspectiva crítica de Moreira que o estudante será capaz de encarar construtivamente as mudanças ao seu redor sem ser dominado por ela, manear as informações sem ficar incapaz de agir diante da grande disponibilidade e velocidade de fluxo delas, desfrutar e desenvolver tecnologias sem tornar-se tecnófilo (Moreira, 2005a). Por meio da ASC o estudante conseguirá lidar com a relatividade, a não-causalidade, a incerteza, a não-dicotomização das diferenças, a probabilidade, com a concepção de que o conhecimento é construção (ou invenção) humana, o qual representamos o mundo e de modo algum o percebemos diretamente (Moreira, 2005a, 2007a, 2011a).

Para facilitar o desenvolvimento de uma ASC, analogamente aos princípios programáticos da AS, Moreira (2005a) estabelece princípios facilitadores (Quadro 1), os quais acredita que, se observados, possibilitarão que o evento educativo seja potencialmente significativo e crítico, isto é, poderá desenvolver uma ASC nos estudantes. Nesta direção, a ASC é uma perspectiva que, além de observar a essencialidade das ideias da TAS, volta sua óptica para uma prática docente, muito necessária à formação de estudantes no mundo contemporâneo (Moreira, 2021a, 2021b, 2021c).

Quadro 1 – Princípios facilitadores da Aprendizagem Significativa Crítica

<i>1. Princípio do Conhecimento Prévio</i>	Aprende-se a partir do que já se sabe. Sendo o conhecimento prévio a variável importante para uma aprendizagem significativa, não há sentido desenvolver criticidade sem se ter aprendido significativamente.
<i>2. Princípio da Interação Social e do Questionamento</i>	Um ensino centrado na negociação de significados entre professor e aluno, enfatizando o intercâmbio de perguntas ao invés de apenas respostas acabadas.
<i>3. Princípio da não Centralidade do Livro-Texto</i>	Não focar a ação didática apenas em um livro de texto, apostila ou manual, caso contrário estará acontecendo um treinamento e não um episódio de ensino-aprendizagem. É importante explicitar conceitos e ideias aceitas no contexto da temática de ensino, segundo diferentes perspectivas e autores.
<i>4. Princípio do aprendiz como perceptor/representador.</i>	Indica que é importante observar como a informação é percebida e representada pelo aluno diante de suas concepções prévias.
<i>5. Princípio do Conhecimento como Linguagem</i>	Aprender um conteúdo de forma significativa é aprender sua linguagem. E a criticidade emerge quando o estudante percebe essa linguagem como um novo modo de perceber o mundo.
<i>6. Princípio da Consciência Semântica</i>	Reconhecer que o sentido das palavras é determinado pelas pessoas, e não intrínseco às próprias palavras, implica entender que os significados atribuídos a elas são moldados pela experiência pessoal de cada indivíduo.

<i>7. Princípio da Aprendizagem pelo Erro</i>	É natural errar. O próprio conhecimento científico se desenvolve a partir de refutações de teorias erradas. O erro é uma oportunidade para traçar melhorias e perceber outras incoerências. Deve-se incentivar os estudantes a buscar, identificar erros e a manejá-los para aprenderem, pois procurar sistematicamente o erro é pensar criticamente.
<i>8. Princípio da Desaprendizagem</i>	Estimular os estudantes a desaprender, no sentido de não utilizar conhecimentos que possivelmente estão impedindo a aprendizagem significativa de outros. Aprender a desaprender é o estudante poder distinguir o subsunçor relevante do irrelevante. A facilitação desse princípio deve ser uma das missões da escola na sociedade contemporânea.
<i>9. Princípio da Incerteza do Conhecimento</i>	Os conhecimentos são incertos, pois são respostas às perguntas feitas e definições e metáforas utilizadas. Perguntas são instrumentos de percepção; definições e metáforas são instrumentos de pensamento. O conhecimento mudaria caso as perguntas, as definições e as metáforas que o baseiam também mudassem.
<i>10. Princípio da Participação Ativa do Aluno e da Diversidade de Estratégias Didáticas</i>	Tal como os materiais educativos, as estratégias didáticas também precisam ser variadas. Deve-se deixar de usar a lousa ou apresentações puramente expositivas como únicas estratégias e estimular a construção ativa do conhecimento pelo estudante via variados métodos. Utilizar a mesma estratégia pode tornar o ensino desestimulante e enfadonho, que não estimula a criticidade do estudante.
<i>11. Princípio do Abandono da Narrativa</i>	Repetir aquilo que o professor fala/apresenta não promove a compreensão, tampouco criticidade. É preciso focar o ensino nos estudantes, promovendo ações que possibilitem a externalização e a negociação dos significados que eles constroem.

Fonte: Adaptado de Moreira (2005a).

Não tem como desconsiderar que, sem um currículo e um contexto (espaço social, estrutura escolar) que possibilitem a aplicação dos princípios facilitadores da ASC, e sem uma avaliação consoante com tais princípios, pouco do que é proposto poderá ser praticado e a aprendizagem poderá continuar sendo mecânica; às vezes significativa em alguns casos, porém jamais crítica no sentido antropológico aqui proposto (Moreira, 2005a).

2.3 Estratégias Facilitadoras de Aprendizagem Significativa

Segundo Sant'anna e Menegolla (2011), as estratégias didáticas são análogas a um plano de ação, que exhibe uma visão estruturada de ações e recursos voltados para o processo de ensino, visando a aprendizagem. Compreende-se aqui estratégias didáticas (ou de ensino) como um conjunto dinâmico de atividades associadas a recursos

didáticos que o professor pode empregar e mediar para promover o desenvolvimento da aprendizagem aos estudantes (Silva; Amaral, 2017).

Existem atualmente estratégias já consolidadas na literatura como facilitadoras do desenvolvimento de aprendizagens significativas: o mapeamento conceitual, a diagramação heurística e a argumentação. Essas estratégias, que já foram trabalhadas pelo autor desse estudo de tese, essencialmente, observam em suas ações o aproveitamento do conhecimento prévio do estudante e a mobilização de sua estrutura cognitiva para captar e aprender significados. No entanto, cada uma apresenta suas peculiaridades que corroboram com os princípios da TAS e ASC. Ademais, cada estratégia indicada será explicitada para maior compreensão.

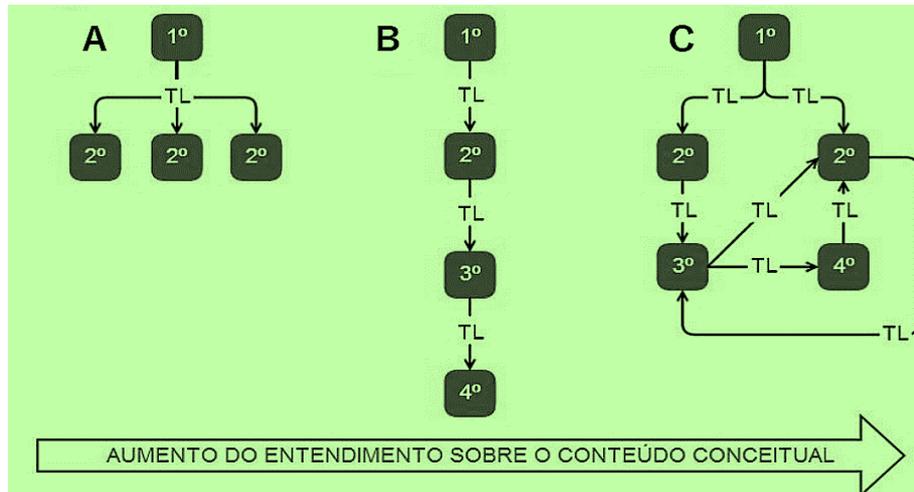
2.3.1 MAPEAMENTO CONCEITUAL

Mapa conceitual (MC) é um esquema gráfico que ilustra como os conceitos que estão estabelecidos na estrutura cognitiva do aprendiz se articulam para formar proposições (Novak; Cañas, 2006). Os MCs foram idealizados com base na TAS por Joseph Novak e colaboradores, em estudos que analisavam a compreensão conceitual que estudantes tinham sobre a temática ‘Natureza da Matéria’ (Novak, 1990). Assim, foi observado que os mapas conceituais exibiam relações entre os conhecimentos pré-existentes, as informações recebidas e os conhecimentos construídos (Novak, 1990; Novak; Cañas, 2006).

Dessa forma, os MCs são instrumentos que podem ser utilizados para constatar a compreensão que o indivíduo possui sobre um dado tema (NOVAK; CAÑAS, 2010; AQUINO; DE CHIARO, 2013). Moreira (2005b) e Novak (1990) indicam esses mapas como ferramentas para sondagem, análise, planejamento, organização de informações, estruturação do conhecimento, avaliação de estratégias ou do conhecimento, dentre outros. Quando se produz um MC, é necessário que o mapeador (aqui sendo o estudante) responda a uma pergunta focal, a fim de delimitar os conceitos a serem transpostos para o mapa. Além disso, espera-se que um MC apresente uma organização hierárquica, assim como acontece em sua estrutura cognitiva, em que o mapeador relaciona os conceitos da forma mais inclusiva para a mais específica, representando um movimento de diferenciação progressiva (NOVAK; CANAS, 2010).

Um MC é constituído por conceitos (indicados por palavras ou símbolos) ligados por um termo de ligação que os relacionam. Dessa forma, a tríade *Conceito A + termo de ligação (TL) + Conceito B* forma uma *proposição*, que é a unidade básica de um mapa conceitual. É a partir da análise desses mapas que se consegue inferir se o estudante executou movimentos cognitivos inerentes ao processo de AS (Moreira, 2005b; Novak; Cañas, 2010; Aquino; De Chiaro, 2013). Aguiar e Correia (2013) propõem a análise de um MC a partir dos seguintes elementos: (a) observância dos conceitos apresentados como resposta à pergunta focal proposta para o MC; (b) clareza semântica das proposições; (c) organização hierárquica dos conceitos, para que se possa verificar onde ocorreu os movimentos de DP e RI.

Figura 9 – Estruturas típicas de mapas conceituais (A-radial, B-linear e C-rede) e sua relação com o entendimento acerca de um conteúdo conceitual.



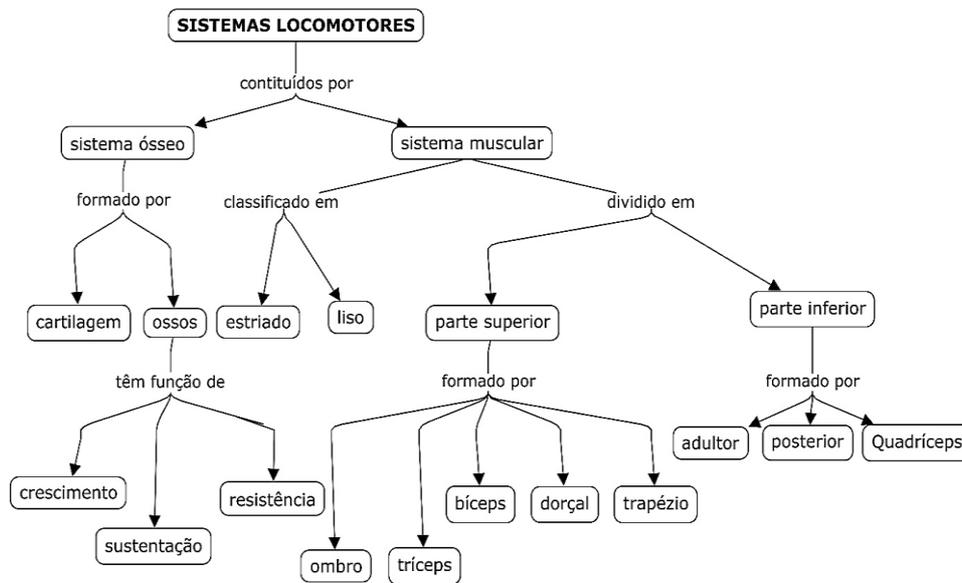
Fonte: Aguiar e Correia (2013).

Posto isto, a compreensão sobre um conteúdo conceitual pode ser observada olhando para a organização do MC construído sobre ele. À medida que novos conhecimentos sobre um dado conteúdo conceitual são estabelecidos, a estrutura do MC pode ir se modificando (Aguiar; Correia, 2013), como exibe a Figura 9.

Na Figura 9 a estrutura linear (A) indica um nível mais simples de compreensão sobre um conhecimento. Por outro lado, a estrutura em rede (C) aponta um entendimento mais complexo e sofisticado sobre um dado conhecimento. A Figura 10 ilustra um exemplo de mapa conceitual produzido por uma equipe de estudantes em uma aula de Biologia dos Sistemas Locomotores no Ensino Médio.

Na Figura 10 observa-se que os estudantes hierarquizaram os conceitos acerca dos sistemas locomotores em quatro níveis, em que os conceitos mais amplos foram especificados tanto de forma funcional quanto anatômica. Há um erro conceitual quando colocam o conceito “cartilagem” como constituinte do sistema ósseo, e isso é um movimento importante para o professor articular uma possível correção do conceito a partir da observação do erro. Isso significa, numa perspectiva de avaliação, que a organização conceitual da equipe de estudantes ilustrada no mapa é coerente com a temática abordada pelo professor de Biologia, podendo o mapa conceitual ser utilizado, por exemplo, tanto como instrumento de aprendizado pelos estudantes, quanto como modo avaliativo pelo professor.

Figura 10 – Mapa conceitual produzido por estudantes de Ensino Médio acerca da temática Sistemas Locomotores de uma aula de Biologia.



Fonte: Autor.

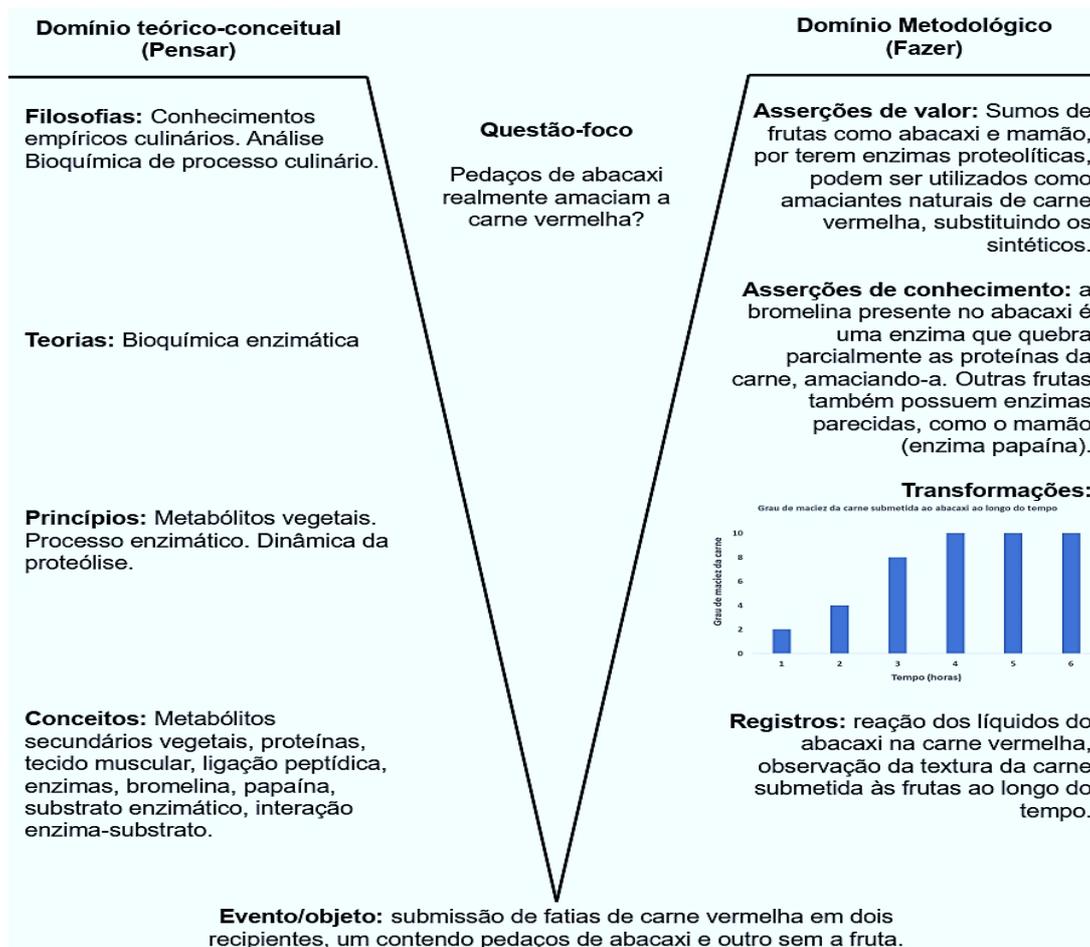
Os mapas conceituais também vêm sendo estudados do ponto de vista metacognitivo, como propiciadores de ações argumentativas de nível intrapessoal. Por ser a argumentação um movimento nítido de negociação de significados, aqui há mais um indício de que a produção de MCs se constitui um campo fértil para que a aprendizagem se estabeleça de forma significativa e reflexiva (De Chiaro; Aquino, 2017; De Chiaro; Aquino; Lima, 2019a).

2.3.2 DIAGRAMAÇÃO HEURÍSTICA

Contemporâneo de David Ausubel e Joseph Novak, Dixie Bob Gowin foi um professor, filósofo e pesquisador que colaborou com eles para o fortalecimento da TAS, sendo em 1980 coautor de um livro com eles sobre a Teoria. Desde a década de 1950 que Gowin pesquisava processos voltados à aprendizagem significativa na área das ciências (Martins, 2018). Para Gowin, o ensino por investigação deve se constituir da articulação de conceitos e significados a partir de elementos básicos, por ele designado conceitos, eventos e fatos (Ferracioli, 2006; Gowin; Alvarez, 2005).

A partir de suas reflexões, Gowin na intenção de elaborar um método capaz de interrelacionar a filosofias, teorias, princípios e conceitos – que embasam qualquer estudo científico – concebeu o *Diagrama heurístico, V epistemológico* ou *Diagrama V*, por causa do formato gráfico do instrumento (Figura 11) (Gowin; Alvarez, 2005; Moreira, 2007b). Alguns autores também o denominam *Vê de Gowin*, em homenagem a seu inventor.

Figura 11 – Diagrama V construído para elucidar uma questão de laboratório de Bioquímica.



Fonte: Autor

O Diagrama V é organizado em dois domínios. O lado esquerdo do Vê representa o *domínio teórico-conceitual* da produção do conhecimento, o qual se constitui de conceitos propriamente ditos que são capazes de gerar princípios e leis. Esses, em contrapartida, podem se organizar em *filosofias* ou sistemas de crenças, que são constituídas de *teorias*. Além disso, nesse lado também se inserem os *princípios* e os *conceitos* importantes para compreender o fenômeno/questão-foco. Em resumo o lado esquerdo do diagrama equivale ao "pensar".

Do lado direito do instrumento têm-se o *domínio metodológico*, o qual corresponde às metodologias utilizadas na produção do conhecimento: *registros* dos eventos e obtenção dos dados, *transformações* desses (estatísticas, metodológicas), as *asserções de conhecimento* (conhecimento produzido em si resultantes da pesquisa) à(s) questão(ões)-foco e as *asserções de valor* (importância, aplicabilidade do conhecimento produzido). Esse lado do diagrama equivale ao "fazer". (Gowin; Alvarez, 2005; Moreira, 2007b; Novak; Gowin, 1984).

Na parte inferior estará o *evento/acontecimento* (ou objetos) que será(ão) analisado(s). No centro superior do diagrama estão as *questões-foco*, pois essencialmente compreendem tanto o domínio teórico-conceitual quanto o metodológico. A questão-foco não só pergunta algo como também diz algo. É a questão que caracteriza o fenômeno de interesse e comunica sobre o cerne daquilo que foi estudado, pesquisado (Moreira, 2007b; Novak; Gowin, 1984).

O diagrama V, como instrumento didático, é muito útil por trazer ao estudante a percepção de que o conhecimento humano é construído, produzido a partir da interação entre o pensar e o fazer na procura de respostas para as questões-foco sobre os fenômenos de interesse. Essa perspectiva epistemológica é essencial no ensino, pois todo evento educativo compreende o compartilhamento de significados entre professor e estudante acerca de um dado conhecimento, e esse é uma construção humana. O estudante constantemente não percebe isso (Moreira, 2007b).

A Figura 11 ilustra um diagrama V construído a partir da observação de um fenômeno bioquímico de quebra das proteínas da carne vermelha por enzimas presentes no abacaxi, acontecido em uma aula prática de laboratório. Na perspectiva da AS, a construção desse tipo de diagrama permite que o estudante acesse seus subsunçores e (re)organize-os, articulando proposições lógicas que façam sentido para ele em resposta aos princípios propostos pelo instrumento. Assim, com a devida mediação do professor,

essa construção será refinada a partir da negociação de significados entre a expectativa de aprendizagem que o planejamento docente propôs e as concepções idiossincrásicas que o estudante apresenta. Ao fim dessa interação triádica (estudante-material-professor), o resultado será algo coerente com os princípios do tema de ensino. Além disso, ao utilizar o diagrama V, o estudante acaba por reconhecer

que nas perguntas está a fonte do conhecimento humano e que se as perguntas forem diferentes o conhecimento também o será. Poderá igualmente se dar conta de que se os conceitos, as teorias, os registros, as metodologias forem distintos serão outras as respostas (ou seja, o conhecimento) às perguntas-foco. Naturalmente, para que isso aconteça o diagrama V deverá ser "negociado", discutido, reconstruído. Nesse processo, a interação social e o papel mediador do professor são fundamentais (Moreira, 2007b, p. 8).

Ressalta-se que a construção do diagrama V propicia ao estudante a mobilização de seus conhecimentos de forma dinâmica, por causa da interação dos domínios teórico-conceitual e metodológico (Nascimento; Aquino, 2019). Moreira (2007b) reflete sobre a utilização do diagrama como um instrumento de meta-aprendizagem. Nesse sentido, ao invés de assimilar informações de forma mecânica, o estudante tende a construir seus conhecimentos de forma ativa, significativa. Nesta direção, estudos já demonstram o potencial do instrumento Diagrama V para promoção da aprendizagem significativa (Gowin; Alvarez, 2005; Martins, 2018; Moreira, 2007b; Nascimento; Aquino, 2019).

2.3.3 ARGUMENTAÇÃO

A Argumentação, na perspectiva dialética e dialógica, compreende uma atividade discursiva definida pela negociação de perspectivas em movimentos que compreendem posicionamentos, justificações, respostas a contraposições, isso tudo em um ambiente de reflexão e autorregulação do pensamento (De Chiaro; Aquino, 2017; Leitão, 2007). Assim, a promoção de um ambiente de flexibilidade e de metacognição acerca de um tema é uma dinâmica com potencial de promover aprendizagens significativas e críticas (De Chiaro; Aquino; Lima, 2019b, 2019a).

Compreender como se dá um momento de argumentação demanda considerar a presença de três elementos, denominados unidade triádica (Leitão, 2007), que possibilitam

capturar as transformações de posicionamento bem como as atividades cognitivas e metacognitivas do movimento argumentativo: *argumento* (*ponto de vista + justificativa*), *contra-argumento* e *resposta*. Cada elemento desta tríade contribui de formas específicas no discurso argumentativo (função

discursiva), no desencadeamento do processo de revisão de perspectivas (função cognitiva/psicológica) e na (re)construção do conhecimento (função epistêmica) (De Chiaro; Aquino; Lima, 2019b, p. 75).

Quando se observa as intensas relações entre a Argumentação e a construção do conhecimento dentro do contexto das ciências, pode-se indicar pontos mais específicos que se remetam à organização da estrutura cognitiva do indivíduo e o modo crítico com que a aprendizagem deste conhecimento acontece (De Chiaro; Aquino; Lima, 2019b). Nessa direção, observa-se uma relação entre os principais movimentos discursivos da Argumentação – a justificação e a negociação de diferentes perspectivas – e os principais processos cognitivos da AS – a DP e a RI (De Chiaro; Aquino; Lima, 2019a). Assim, acredita-se que os movimentos discursivos da Argumentação são um dos fenômenos em que se podem evidenciar movimentos cognitivos da AS (De Chiaro; Aquino, 2017; De Chiaro; Aquino; Lima, 2019a, 2019b).

Ainda, acredita-se que intervenções de caráter argumentativo têm alto potencial para promover a negociação de significados, algo que se revela como princípio facilitador da ASC (Lima; Aquino; Firme, 2018; Moreira, 2005a). Posto isto e segundo De Chiaro e Aquino (2017), quando se salienta a importância dos questionamentos críticos e reflexivos a respeito do contexto científico, tecnológico e social, a promoção da argumentação configura-se como uma estratégia potencial para o desenvolvimento de uma aprendizagem crítica, corroborando com Moreira (2005a).

É muito desafiador para o professor construir ambientes os quais o estudante tenha possibilidade de exercitar não apenas suas habilidades argumentativas, mas também poder aprender conteúdos conceituais de ciências e desvendar eventos e fenômenos que o rodeia. Maior desafio ainda é descobrir uma ferramenta ou estratégia que propicie ao estudante desenvolver suas habilidades argumentativas, e, assim, refletir criticamente sobre os significados que ele aprendeu (De Chiaro; Aquino; Lima, 2019b).

Na última década, alguns trabalhos evidenciaram a relação entre a argumentação e a aprendizagem significativa, indicando o potencial que estratégias potencialmente argumentativas tiveram de promover a ASC (Aquino; Queiroz; Aquino, 2021; De Chiaro; Aquino, 2017; De Chiaro; Aquino; Lima, 2019a, 2019b; Lima, 2019; Lima; Aquino; Firme, 2018). Nesta perspectiva, a concepção de estratégias que promovam movimentos argumentativos parece uma atividade promissora para o desenvolvimento de uma ASC.

2.3.4 UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS

Como um meio potencial para a promoção de ASC, Moreira (2011b) idealizou uma sequência de ações de ensino baseada na ASC e consoante com outras teorias de aprendizagem construtivistas: a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS. A UEPS propõe ações didáticas planejadas pelo professor para o ensino-aprendizagem de um determinado tema conceitual, de modo lógico e alicerçado nos princípios facilitadores elencados na ASC.

Embora não tenha sido classificada como estratégia didática pelo seu criador, considera-se que a UEPS, para sua aplicação, necessita da articulação de várias estratégias e recursos didáticos, motivo pelo qual ela encontra-se nesta seção. Ademais, uma UEPS constitui-se de oito passos sequenciais (Moreira, 2011b):

- 1) *Escolha do tema específico a ser abordado na UEPS*, em que é definido o tópico específico a ser abordado.
- 2) *Levantamento dos conhecimentos prévios*, o qual devem ser trazidos à tona as concepções e conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva dos estudantes acerca da temática escolhida.
- 3) *Abordagem com problematização simples*, em que o professor utiliza situações-problema de menor complexidade para que o estudante resolva e, assim, acabe dando sentido à conexão de novos conceitos com os que já estão internalizados nele.
- 4) *Momento de diferenciação progressiva*, em que o professor apresenta outros conceitos sobre a temática de modo mais geral (inclusivo) para o modo mais específico. Assim os estudantes poderão realizar a assimilação de conceitos de forma mais lógica e com significado.
- 5) *Abordagem com uma problematização mais complexa*, em que se consolida a construção do conhecimento com novas situações-problema, utilizando informações mais complexas que as iniciais, com intuito de fortalecer o processo aprendizagem com a retomada de conceitos mais relevantes, com subsídio do professor.
- 6) *Momento de reconciliação integrativa de significados*, o qual os objetos de conhecimento são revistos, os conceitos são reformulados e/ou fortalecidos e a essência da temática integrada a todo conhecimento construído, apontando as divergências e convergências, e desenvolvendo ainda mais o processo de aprendizagem

7) *Avaliação da aprendizagem na UEPS*, a qual deve ser contínua e com estratégias avaliativas diversificadas.

8) *Análise da efetividade de UEPS*, que será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos estudantes fornecer evidências de aprendizagem significativa, levando em consideração os indícios de aprendizagem com significado e criticidade ao longo do processo e abordagem didática e não nos comportamentos/respostas finais. Essa etapa só é consolidada a partir da aplicação das anteriores.

As UEPSs já são consolidadas em alguns mestrados profissionais brasileiros como produção didática, caracterizando-se como sequências didáticas especiais que possibilitam processos impulsionadores aprendizagem ativa, não-arbitrária, substantiva e crítica dos estudantes (Nascimento, 2021). Nos últimos anos diversos estudos evidenciaram o impacto positivo da abordagem com UEPSs no ensino das ciências naturais, tanto nas ações de ensino quanto na aprendizagem na educação básica (Quadro 2).

Quadro 2 – Alguns estudos recentes sobre Unidades de Ensino Potencialmente Significativas utilizadas no ensino de ciências da Educação Básica

Nome da UEPS	Tema Central	Referência
Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de sistemas locomotores na educação básica	Sistemas Esquelético e Muscular	(Oliveira; Ferreira; Aquino, 2018)
Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de morfologia vegetal na educação básica	Morfologia de Angiospermas	(Silva <i>et al.</i> , 2018)
Avaliação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino da interação animal com a poluição hídrica na educação básica	Zoologia e poluição ambiental	(Melo; Silva; Aquino, 2020)
Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino do pH da água e seu efeito na biodiversidade	Química Ambiental da Água	(Nascimento, 2021)
Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o estudo da água e poluição na perspectiva da Educação Ambiental Crítica	Impactos da ação antrópica na água	(Silva; Carvalho; Aquino, 2021)
Estudo de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa como possível promotora da argumentação usando a temática ligada aos elementos químicos	Elementos químicos	(Queiroz, 2022)

Fonte: Autor.

Diante das considerações supracitadas, as UEPSs configuram-se como um caminho propício para a promoção de uma aprendizagem significativa e crítica (Nascimento, 2021; Silva; Carvalho; Aquino, 2021). Isso porque as UEPSs compreendem os princípios basilares do desenvolvimento da assimilação significativa de conceitos com ações didáticas de caráter ativo, como a resolução de questões em níveis distintos de complexidade e a interação de conhecimentos pré-existentes e novos no estudante para que ele possa compreender fenômenos e situações que ocorrem no seu entorno (Moreira, 2011b). Assim, essas Unidades parecem amplificar a capacidade crítico-reflexiva dos estudantes frente a temas científicos.

Conhecendo o potencial que a organização didática das UEPSs tem de promover uma aprendizagem significativa e crítica, a observação de suas etapas, tanto do ponto de vista epistemológico quanto metodológico, pode servir de subsídio para a idealização de novas ações/estratégias potencialmente significativas, algo que é visado nesse estudo de doutoramento. A UEPS articula ações didáticas que, para este estudo de doutoramento, fornecem subsídio para organizações sequenciais de ações de ensino visando uma aprendizagem significativa. Entretanto, além do aporte da TAS e da ASC, serão considerados princípios da TFC que sejam congruentes com a Teoria Ausubeliana para a elaboração de uma estratégia didática que possa promover também flexibilidade cognitiva, na perspectiva da complexidade dos conhecimentos. A seguir, serão detalhados os princípios que regem a TFC.

2.4 Teoria da Flexibilidade Cognitiva

2.4.1 PRINCÍPIOS DA TEORIA DA FLEXIBILIDADE COGNITIVA

Quando um indivíduo se defronta com novas e/ou complexas situações, isso demanda dele a capacidade de transferir os conhecimentos construídos de situações passadas para lidar com essa nova situação, utilizando-os de um novo modo. É nesse sentido que se considera a flexibilidade cognitiva. O conceito de flexibilidade cognitiva é investigado por diversos pesquisadores, que dão a ele várias interpretações e significados (Guerra, 2012; Vidmar, 2017). No entanto, este estudo debruçará sobre a flexibilidade cognitiva enquanto teoria proposta por Rand Spiro e colaboradores.

No final década de 1980, Rand Spiro, professor de Psicologia Educacional, foi convidado a investigar as possíveis causas do alto número de denúncias e processos por

negligências médicas que estavam acontecendo nos Estados Unidos. Após vários estudos, Spiros e seus colaboradores chegaram à conclusão de que o cerne do problema estava na formação dos médicos: os estudantes de Medicina tinham acentuada dificuldade em empregar os conhecimentos construídos ao longo do curso para situações novas ou mais complexas (Carvalho, 2011).

A partir desse contexto, Rand Spiro, Paul Feltovich e Richard Coulson conceberam a Teoria da Flexibilidade Cognitiva (Spiro *et al.*, 1988; Spiro; Jehng, 1990). A TFC constitui-se de uma teoria de ensino, aprendizagem e de representação do conhecimento que se caracteriza como um processo dinâmico de construção de conhecimentos de nível avançado em domínios complexos e pouco-estruturados, como resposta aos desafios propostos pelos referidos contextos (Bolacha; Amador, 2003; Spiro *et al.*, 1988; Spiro; Jehng, 1990). Na essência da Teoria, o nível avançado não se relaciona à idade ou grau de ensino, mas sim ao nível de aprendizagem (Braga, 2019).

Domínios de conhecimentos bem estruturados, a exemplo a matemática, caracterizam-se por um constructo conceitual regular que propicia a identificação de regras gerais, relações hierárquicas de conceitos e o uso de modelos que se condicionam à grande parte dos casos de situações concretas. Por outro lado, nos domínios pouco estruturados os autores definiram cinco características que os especificam: (a) a ausência de regras generalizáveis a todos os casos; (b) relações conceituais hierárquicas específicas para cada caso analisado; (c) o uso de modelos leva a erros; (d) os significados dos conceitos mudam dependendo dos contextos, e (e) as peculiaridades de cada caso emergem da interação entre os vários conceitos envolvidos nele (Spiro *et al.*, 1987).

A complexidade dos domínios está na inexistência de linearidade ou uniformidade na compreensão de um conceito ou situação. Assim, a estruturação e a complexidade são atributos de um domínio de conhecimentos que estão comumente interrelacionados (Pessoa; Nogueira, 2009a).

Em relação aos domínios de conhecimento pouco estruturados, os autores da TFC explicitam que os domínios de conhecimento mais bem estruturados podem possuir elementos de pouca estruturação, especificamente quando constituem níveis avançados (Spiro; Feltovich; Coulson, 1992). Dessa forma, todos os domínios que abarcam a transferência do conhecimento, naturalmente processam-se situações pouco estruturadas (Carvalho, 2000, 2011; Rezende; Cola, 2004). Portanto, mesmo que os conceitos estejam bem estruturados no subjetivo, a aplicação deles em situações concretas apresenta

propriedades de pouca estruturação (Spiro; Feltovich; Coulson, 1992). Em suma, domínios de conhecimento que compreendam a aplicação de conhecimentos para casos concretos são pouco estruturados (Carvalho, 2011).

De acordo com a TFC, a causa das dificuldades observadas pelos autores da teoria está na simplificação dos movimentos de representação do conhecimento a qual se submete um processo de ensino-aprendizagem, em que conhecimentos são construídos de forma mais generalizada e simples do que realmente são, direcionando a práticas de abordagens mais fragmentadas e rígidas de construção do conhecimento (Spiro *et al.*, 1988). Deste modo, o estudante-alvo dessas abordagens provavelmente não possuirá a habilidade de utilizar seus conhecimentos em novos percursos, pois não foi desenvolvido um pensamento autônomo e ativo (Braga; José, 2021).

É importante ressaltar que essa abordagem não se remete apenas à aprendizagem de conceitos, mas sim a um objetivo de aprendizagem mais amplo, o qual o estudante pode perceber e compreender o mundo de forma articulada, possibilitando que ele se relacione com seu contexto de modo crítico e reflexivo (Vidmar, 2017). Assim, segundo a TCF, para que o indivíduo possa utilizar seu conhecimento nas várias situações que se defronta (lê-se transferir o conhecimento), é necessário que a construção desse conhecimento emergja de ações didáticas com várias perspectivas e com progressividade. Essa é a base da teoria (SPIRO *et al.*, 1988; SPIRO *et al.*, 1991; SPIRO; FELTOVICH; COULSON, 1992; BOLACHA; AMADOR, 2003; OLIVEIRA; AQUINO, 2019).

A transferência do conhecimento não se refere à apresentação/recepção de conteúdos conceituais do professor para o estudante, mas sim a processos cognitivos que acontecem no íntimo do estudante, possibilitada pela flexibilidade cognitiva (Braga; José, 2021).

2.4.2 NÍVEIS DE APRENDIZAGEM NA TEORIA DA FLEXIBILIDADE COGNITIVA

Múltiplos episódios de aprendizagem distinguem-se também de acordo com a fase a qual os estudantes se encontram, com relação relativamente a um dado domínio de conhecimentos. Deste modo, Spiro *et al.* (1988) indicam três níveis de aprendizagem: o *nível de iniciação* (ou *introdutório*), o *nível avançado* e o *nível de especialização*.

Segundo os mesmos autores, o *nível introdutório* é aquele em que os estudantes internalizam conceitos básicos; o *nível avançado* ocorre quando os estudantes transferem

os conhecimentos básicos internalizados para responder a situações-problemas pouco elaboradas e com pouca interação aparente entre os domínios do conhecimento; e o *nível de especialização* acontece a partir das experiências acumuladas pelo estudante nos níveis anteriores, em que os conhecimentos flexibilizados o fazem competente para resolver situações com maior grau de complexidade (Carvalho, 2002; Spiro *et al.*, 1988).

Apesar das características defendidas por Spiro *et al.*, (1988) acerca dos diferentes níveis de aprendizagem, esses não ocorrem independentemente um dos outros ou são mutuamente exclusivos. De fato, partindo do princípio de que o que aquilo que se aprende hoje, certamente, influencia o nível e o tipo de compreensão dos conceitos e/ou eventos que ocorrerão mais à frente no contexto do estudante, acredita-se que há uma dependência entre os diversos níveis de aprendizagem (Pessoa; Nogueira, 2009b).

Ademais, Spiro e Jehng (1990) explicitam que para a ocorrência da flexibilidade cognitiva em níveis avançados de aquisição de conhecimento e domínios complexos, depende da forma como o conhecimento é representado. Essa representação deve precisa integrar múltiplas dimensões para análise que proporcionem por um lado um processo de desconstrução e, por outro lado, uma travessia temática pré-organizada (Carvalho, 2002).

Consoante com o citado anteriormente, ressalta-se que a TFC foi inspirada na obra *Investigações Filosóficas*, de Ludwig Wittgenstein, que metaforiza a ideia de "travessia da paisagem de forma multidirecional" como modo de caracterizar a forma como se aprende um assunto complexo (Carvalho, 2002; Spiro; Jehng, 1990). A paisagem, utilizada pelo autor como sinônimo de conhecimento, só pode ser profundamente entendida quando atravessada em permeada em variadas direções (Carvalho, 2000).

Assim, aprende-se ao atravessar em várias direções as paisagens conceituais e ensinar implica selecionar materiais de aprendizagem que proporcionem explorações multidimensionais da paisagem sob a ativa iniciativa do aluno, bem como proporcionar comentário temático para ajudar a obter o máximo proveito das suas explorações. As representações do conhecimento refletem as travessias em várias direções que ocorrem durante a aprendizagem (Carvalho, 2011, p. 22).

As múltiplas representações do conhecimento são compreendidas por dois principais aspectos: (a) múltiplos modos de organização do conhecimento, por meio dos denominados casos, mini casos e temas de análise conceitual relacionados (Silva; Carneiro-Leão; Souza, 2015; Spiro; Feltovich; Coulson, 1992); e (b) abordagem com diversos tipos de mídias – imagens, textos, vídeos – para a exposição dos conhecimentos referidos aos casos, minicase e temas (Pedro, 2005). Assim, os recursos de hipermídia

são indicados como potenciais promotores de flexibilização do conhecimento, por possibilitarem ao estudante fazer múltiplas travessias pela “paisagem do conhecimento” abordado e sua associação com outros cenários (Spiro *et al.*, 2003).

Ao passo que, em um dado domínio de conhecimentos, avança-se do nível inicial para o nível de aquisição de conhecimento mais aprofundado (avançado), ocorre que não apenas o conteúdo conceitual pende a tornar-se mais complexo e o arcabouço de sua aplicação menos estruturado, mas os objetivos e os critérios de avaliação da aprendizagem também se alteram (Spiro; Jehng, 1990). Assim, pretende-se que os estudantes tenham uma compreensão profunda dos temas a partir da interrelação dos conceitos envolvidos e reflitam sobre esses temas a fim de terem capacidade de reconfigurá-los em novas situações (Spiro *et al.*, 1988).

2.4.3 ENSINAR NA PERSPECTIVA DA TEORIA DA FLEXIBILIDADE COGNITIVA

Apesar de estratégias didáticas simplificadoras serem, frequentemente, as que têm maior êxito para iniciar o estudante em um campo conceitual, contudo, em níveis mais avançados de aprendizagem elas prejudicam (Spiro *et al.*, 1988). Uma aprendizagem que objetive a aplicação do conhecimento em situações novas ou distintas não deve ser, como ocorria numa fase inicial, linear, literal, compartimentada e dependente de uma perspectiva única (Spiro; Jehng, 1990). Essa aprendizagem necessita de múltiplas representações, contextos, analogias e perspectivas de análise (Spiro *et al.*, 1987; Spiro; Jehng, 1990).

Logo, para uma aprendizagem aprofundada de domínios complexos de conhecimento é importante que o estudante aprenda revisitando os mesmos conteúdos conceituais em diversos contextos, em que cada visita adicionará novos elementos para compreensão da complexidade do tema, o que não se teria em uma única passagem de análise simples (Spiro; Jehng, 1990).

Assim, aprende-se interseccionando paisagens de conceitos ou realizando-se múltiplas travessias conceituais em contextos variados, os quais os conceitos são apresentados como fortemente contextualizados e interrelacionados. Aprende-se a partir de explorações orientadas de forma flexível e multidimensional. Uma aprendizagem com estes princípios produz flexibilização do conhecimento (Pessoa; Nogueira, 2009b).

Visando promover a flexibilidade do conhecimento, a TFC indica uma abordagem fundamentada em estudo de *casos*, pois é um tipo de domínio conceitual que propicia a aplicação do conhecimento em contextos distintos. Nesse sentido, a flexibilização do conhecimento se consolida a partir da desconstrução e reconstrução de casos (Braga, 2019; Carvalho, 2000; Pedro, 2005; Spiro *et al.*, 1987; Spiro; Jehng, 1990).

2.4.3.1 Caso e minicaso

Spiro e Jehng (1990) comentam que casos são eventos reais que acontecem no cotidiano. Um *caso* pode ser um fenômeno natural, a sequência de um filme, um fato histórico, uma notícia, um procedimento médico, etc (SPIRO; JEHNG, 1990; CARVALHO, 2011; BRAGA, 2019). O caso caracteriza-se como uma unidade complexa que abrange aspectos globais do dado conhecimento conceitual. Aqui observa-se que, ao invés do professor apresentar posteriormente situações em que o conhecimento recém-construído pelo estudante, em uma exposição anterior, se encontra, o docente acaba por mediar a construção do conhecimento partindo inicialmente da própria situação e de outras afins (Braga, 2019).

Ressalta-se que a ideia é promover a construção de conhecimentos no contexto de situações reais e não de forma abstrata (Spiro *et al.*, 1988). Nesta direção, a ideia referente a este pressuposto concerne no conhecimento que é construído por meio da sua utilização. Assim o significado dos conceitos decorre dos contextos e peculiaridades de cada caso, que se realçam quando promovida a interação entre os conceitos percebidos (Braga; José, 2021).

Na perspectiva da flexibilização do conhecimento, quanto mais casos estiverem disponíveis para a percepção do estudante, mais possibilidades de análise e estudo acerca do tema se terá, acentuando a capacidade do estudante de transferir o conhecimento oriundo desse processo para novas situações (Carvalho, 2002). Assim, para a escolha dos casos é indispensável que esses abarquem perspectivas distintas do conceito, visando auxiliar sua compreensão e aplicação em situações distintas e concretas (Silva; Carneiro-Leão; Souza, 2015).

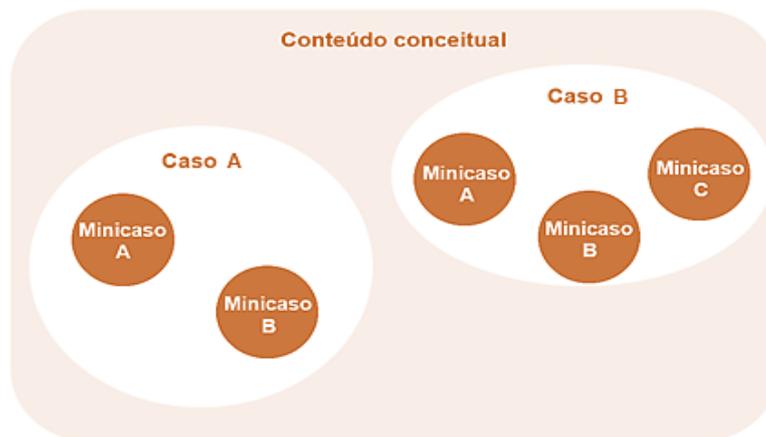
Segundo a TFC, na perspectiva da desconstrução, a fim de que um caso seja profundamente compreendido em seu sentido de existir, enquanto propulsor do estabelecimento do conhecimento no estudante, esse necessita ser decomposto em unidades menores: os *minicasos* (Spiro *et al.*, 1988) (Figura 12). Os minicasos propiciam

que aspectos relevantes dos casos que sumiriam no estudo do todo sejam visualizados individualmente e com mais enfoque. Assim, os minicasos auxiliam a reter a pluralidade dos conceitos e situações (SPIRO *et al.*, 1988; BRAGA; JOSÉ, 2021). Eles possibilitam que o estudante analise os casos com maior experiência, além de propiciarem interrelações entre casos diferentes as quais o professor poderá se imbuir para promover situações novas de aplicação do conhecimento (Braga, 2019).

Para definir os minicasos, é importante ressaltar que eles são recortes literais dos casos e não partes abstratas de um caso (Spiro; Jehng, 1990). Desta forma, por meio desses os conceitos não serão abordados de modo abstrato, mas de modo contextualizado (Pedro, 2005). Ademais, a utilização de minicasos também evita que haja sobrecarga cognitiva oriunda do estudo de um caso, pela sua complexidade e falta de estruturação (Vidmar, 2017).

Os minicasos devem ser suficientemente pequenos para permitirem uma visualização rápida e devem ser suficientemente ricos para serem perspectivados de acordo com múltiplos temas. Cada minicaso deve ser visitado mais do que uma vez, durante diferentes travessias da paisagem (Carvalho, 2000, p. 174).

Figura 12 – Ilustração da divisão do caso em minicasos.



Fonte: Autor.

A exemplo de caso com seus respectivos minicasos, o Quadro 3 ilustra um caso utilizado em uma estratégia didática para o ensino sobre a água na educação básica, fruto da dissertação de mestrado do pesquisador desse presente estudo. O caso é uma notícia da internet em texto, em que o pesquisador realizou “recortes” literais. Cada recorte indica uma dimensão (paisagem) em que a temática água aparece, sendo, portanto, um minicaso. No exemplo em questão, o caso foi desconstruído em três minicasos distintos.

Cognitivamente explanando, os minicasos aceleram processos que desenvolvem a experiência pessoal devido a flexibilização do conhecimento, facilitando ao estudante reestruturar conhecimentos subsequentes (Carvalho, 2011).

Quadro 3 – Ilustração da divisão do caso em minicasos em uma estratégia didática sobre o ensino de água na educação básica.

CASO: No Nordeste Brasileiro chove, mas o sertão é seco https://bit.ly/2IPtL1n		
Minicaso: Como acontecem as chuvas no semiárido?	Minicaso: Por que não choveu como deveria no sertão entre 2011 e 2017?	Minicaso: Como acontecem as chuvas no Litoral do Nordeste
http://flexquest.ufrpe.br/projeto/6885/caso/6891/minicaso/6893	http://flexquest.ufrpe.br/projeto/6885/caso/6891/minicaso/6894	http://flexquest.ufrpe.br/projeto/6885/caso/6891/minicaso/6892

Fonte: Oliveira (2018).

2.4.3.2 Tema de análise conceitual e comentário temático

Assim como os minicasos revelam aspectos importantes dos casos, cada minicaso é constituído por um grupo de conhecimentos teóricos necessários para a sua compreensão (conceitos, concepções, princípios, leis, teorias), denominados *temas de análise conceitual* (Rezende; Cola, 2004; Spiro; Jehng, 1990). Um tema de análise conceitual comumente é utilizado como sinônimo de conceito (Carvalho, 2000).

Na perspectiva da desconstrução proposta pela TFC, fazer o estudante compreender o minicaso por meio dos vários temas de análise apontados nele, permite que o estudante possa construir um conhecimento aprofundado, visando potencializar a interação entre casos e conceitos no estudo de um novo caso (Pedro, 2005; Vidmar, 2017). Assim, “os temas devem ser ensinados em contexto e não abstratamente (...) o minicaso é decomposto através dos diferentes temas que se lhe aplicam, para depois ser reconstruído com uma nova e profunda compreensão” (Carvalho, 1998, p. 177).

Para a escolha dos temas, por vezes é desafiador determinar os conceitos relevantes ocorrentes no caso/minicaso. Por outro lado, também é desafiador ajustar um conceito às particularidades dos casos em que se aplica (Pedro, 2005). Salienta-se, ainda, que cada tema tende a ser mais aplicável em alguns minicasos do que em outros. No

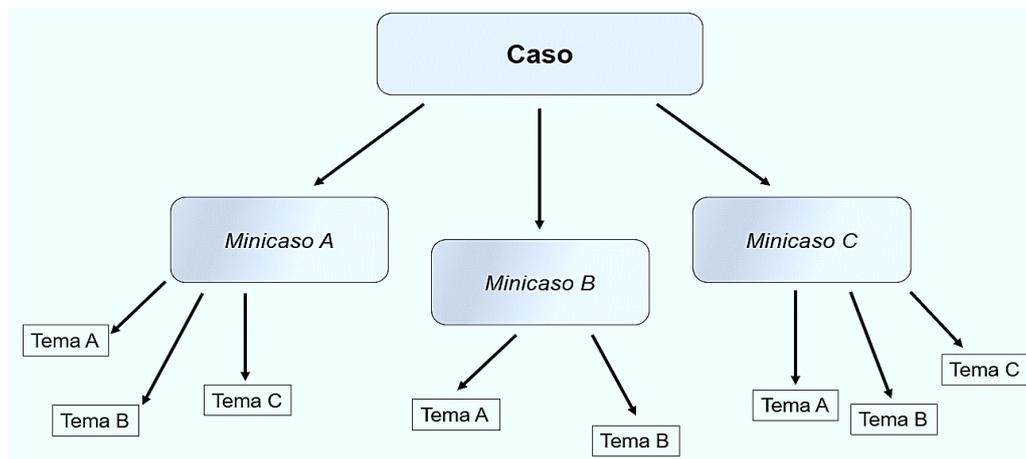
entanto, todos os dados temas de análise contribuem de algum modo para o estudante perceber que a utilização de apenas um tema pode limitar sua compreensão frente ao minicaso (Carvalho, 2000; Vidmar, 2017).

Uma vez definidos os casos, minicasos e temas selecionados que os constituem, é necessário que a interrelação entre os elementos acima seja esclarecida para o estudante, para que ele compreenda como o contexto e os seus respectivos conceitos se relacionam. É nesse sentido os autores da TFC indicam a elaboração de *comentários temáticos*. Um *comentário temático* tem a função de explicitar como um dado tema se aplica (ou ocorre) em um determinado minicaso (Pedro, 2005; Rezende; Cola, 2004; Spiro; Jehng, 1990). Em suma, é um ato de mediação didática.

Os comentários temáticos possibilitam que o estudante relacione múltiplos temas inclusos numa mesma situação. Consoante a isso, Pedro (2005) explicita que tais comentários ressaltam a importância de considerar as diversas perspectivas de análise. Nesse sentido, eles auxiliam a compreensão do minicaso. Pois

O conjunto dos comentários temáticos, redigidos para cada minicaso, integra diferentes perspectivas que vão contribuir para que o aprendente possa compreender o minicaso em profundidade e depois o reconstrua, adquirindo, deste modo, uma compreensão mais completa (Carvalho, 2000, p. 175).

Figura 13 – Esquema do processo de desconstrução do caso.



Fonte: Autor.

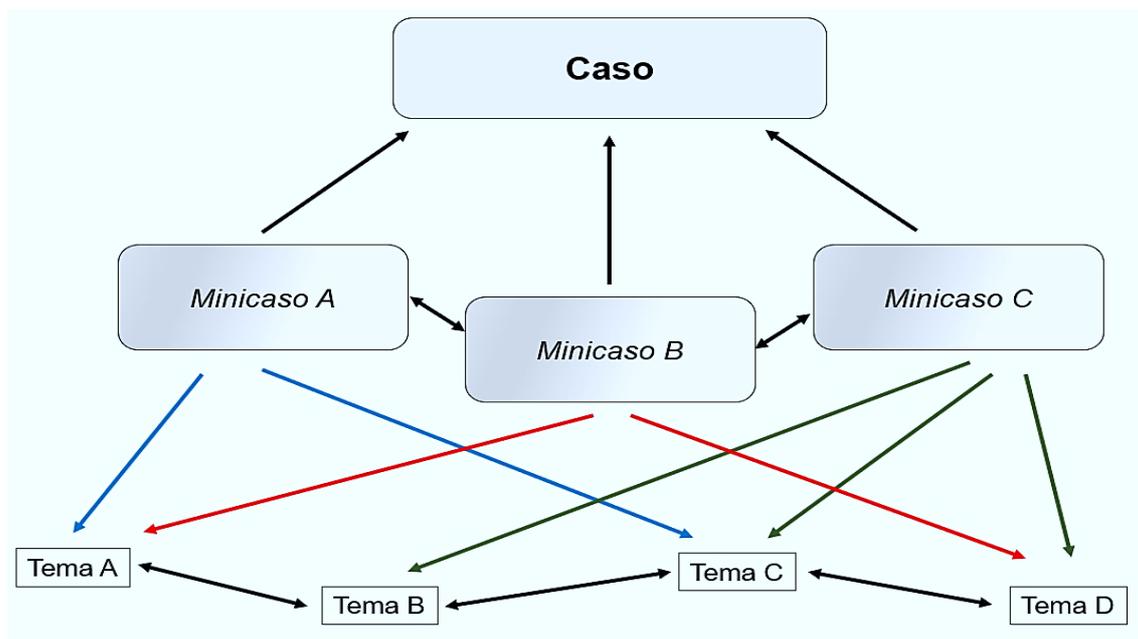
Até aqui viu-se o primeiro principal processo pelo qual a TFC pode ser operacionalizada: o de *desconstrução de conceitos* (Figura 13). Além dele, outro processo igualmente importante e complementar precisa acontecer: o de *reconstrução de conceitos*, proporcionado pelas travessias temáticas (Carvalho, 1998, 2000, 2011).

2.4.3.3 Travessias temáticas

As travessias temáticas (Figura 14) possibilitam relacionar variados mini casos para compreender como um dado tema se aplica em casos e mini casos distintos (Carvalho, 1998, 2000, 2011). Ainda, as travessias temáticas permitem explicar – via comentários temáticos – como um mesmo tema abarca um conjunto heterogêneo de mini casos de casos distintos (Carvalho, 2002; Pedro, 2005). Nesta direção, será essa travessia pelos diversos e distintos mini casos que se obterão caminhos para a reconstrução de conhecimentos a serem aplicados para resolver uma nova situação (Carvalho, 2000).

Pode-se dizer, então, que a flexibilidade exigida em situações de aplicação de conhecimento é bidimensional: por um lado, os casos precisam ser decompostos em diversos mini casos; por outro lado, é preciso estabelecer diversas ligações entre os mini casos de diferentes casos, através dos comentários e travessias temáticas, aproximando mini casos distintos. (Vidmar; Sauerwein, 2021, p. 146)

Figura 14 – Esquema das travessias temáticas para flexibilização do conhecimento.



Fonte: Autor.

A Figura 14 exhibe como as travessias temáticas funcionam. As setas de mesma coloração indicam um mesmo mini caso sendo observado por meio de diferentes temas que o constituem. As setas bidirecionais indicam a relação entre dois mini casos, já que são analisados por um mesmo tema.

É importante salientar que a realização de travessias temáticas por si só não são garantia de que a flexibilização do conhecimento estará acontecendo. É importante observar o modo com elas estão acontecendo. Sendo assim, é necessário que num episódio de flexibilidade cognitiva haja tanto a desconstrução de um caso em mini casos, quanto o estudo de um dado tema a partir de travessias temáticas (Carvalho, 2000, 2011; Vidmar, 2017).

2.4.2 FLEXQUEST: UMA ESTRATÉGIA BASEADA NA TEORIA DA FLEXIBILIDADE COGNITIVA

Bernie Dodge e Tom March, ambos da Universidade de San Diego (EUA), em 1995, conceberam em 1995 um recurso de ensino denominado *WebQuest*, que se caracteriza como uma atividade direcionada para pesquisa, na qual alguma ou toda a informação que os estudantes interagem são recursos oriundos da internet.” (STILBORNE; HEIDE, 2000). Baseados na TFC, Souza *et al.* (2006) modificaram a *WebQuest*, concebendo uma nova estratégia que ficou conhecida como *Flexquest – FQ* –.

FlexQuest (FQ) é uma estratégia que busca utilizar a análise de situações baseadas na realidade – os Casos –, em um respectivo domínio do conhecimento, de nível avançado (CARNEIRO-LEÃO; SOUZA; MOREIRA, 2011). Atualmente há duas versões de FQ: a 1.0 (de Primeira Geração) e a 2.0 (de Segunda Geração) (Silva; Cleophas, 2017). A FQ 2.0 surgiu a partir de uma tese de doutorado desenvolvida na Universidade Federal de Pernambuco em 2016, consolidando-se como uma estratégia constituída por recursos de *web 2.0*, de perspectiva interdisciplinar, que estimulasse a reflexão crítica do estudante via a flexibilização de seus conhecimentos (Santos, 2016).

A FQ 2.0 consiste de um ambiente virtual com cinco seções que, ao passo em que o estudante vai prosseguindo, vai ampliando a flexibilização de seus conhecimentos. Isto porque, ao longo da estratégia, são apresentadas situações com progressão de complexidade e que exigem um posicionamento do estudante frente a cada uma delas (Aleixo; Leão; Souza, 2009; Santos, 2016). As seções que fazem parte de uma FQ 2.0 aparecem no Quadro 4.

Duas tecnologias utilizadas na organização de uma FQ são o hipertexto e a hipermídia. Isto porque estudos com a TFC indicam sistemas de hipertexto e hipermídia como um grupo de recursos potenciais para a promoção da flexibilização do

conhecimento, por propiciarem ao estudante realizar múltiplas travessias pelo dado “cenário do conhecimento” e fazer associações dele com outros cenários (Spiro *et al.*, 2003).

Quadro 4 – Seções que compõem uma FlexQuest.

Seção	Caracterização
Contexto	Apresenta-se um tema junto com uma contextualização dos conhecimentos que se pretende flexibilizar, a qual se pode aproveitar os conhecimentos prévios do estudante. É fundamental que o texto escrito nesta seção instigue a curiosidade do estudante para a temática abordada.
Casos	Nesta seção são expostos os casos e seus respectivos minicasos detalhados pelo professor. Um caso se caracteriza como uma notícia, vídeo ou outro elemento da internet acerca do tema em questão. Cada caso é recortado nos seus minicasos, para maior compreensão do estudante quanto às diversas perspectivas nas quais os conhecimentos do tema estão presentes.
Questões	Propõe-se questionamentos oriundos dos casos, questões essas que tenham a capacidade de levar o estudante a aplicar seus conhecimentos assimilados para resolvê-las. É fundamental que as questões idealizadas pelo professor fomentem uma maior flexibilização de conhecimentos pelo estudante.
Processos	Propõe-se questões especiais que levam o estudante a relacionar distintos casos e minicasos, visando estimulá-lo à uma maior flexibilização do conhecimento e reflexão crítica sobre os diferentes contextos. Esta seção deve estimular o estudante a questionar e criticar, correspondendo, na perspectiva da TFC, ao desenvolvimento do nível intermediário de flexibilização cognitiva.
Transferência	Impulsiona os estudantes a darem novos sentidos e refletirem novas formas de aplicar os conhecimentos flexibilizados ao longo da estratégia para um novo contexto organizado pelo professor. Trata-se de uma forma de incentivar a chegada a um maior nível de flexibilidade cognitiva possível do estudante, por exigir dele tomadas de decisões, resolução de problemas mais complexos, elaboração de estratégias, métodos e técnicas.

Fonte: Adaptado de Santos (2016).

Hipermídia é um conceito que surge a partir da intersecção entre duas tecnologias: hipertexto e multimídia (Rezende; Cola, 2004). Assim, a hipermídia compreende um modo de organizar uma informação de hipertexto e hipermídia em uma só linguagem. Hipertexto é um sistema computacional que é constituído por nós de informações textuais, as quais estão estruturadas de modo não-linear, por meio de ligações conceituais (Rezende; Cola, 2004). Ainda, Marcushi (2001, p. 86) indica a definição de hipertexto como

Uma escritura eletrônica não-sequencial e não-linear, que se bifurca e permite ao leitor o acesso a um número praticamente ilimitado de outros textos a partir de escolhas locais e sucessivas, em tempo real. Assim o leitor tem condições de definir interativamente o fluxo de sua leitura a partir de assuntos tratados no texto sem se prender a uma sequência fixa ou a tópicos estabelecidos por

um autor. Trata-se de uma forma de estruturação textual que faz do leitor simultaneamente coautor do texto final. O hipertexto se caracteriza, pois, como um processo de escritura/ leitura eletrônica multilinearizado, multisequencial e indeterminado, realizado em um novo espaço de escrita.

De forma geral, essas propriedades do hipertexto o caracterizam como um recurso basicamente descentralizado e virtual (Marcuschi, 2001). Percebe-se ainda que o conceito de hipertexto contempla o modo como o cérebro humano se processa nos pensamentos, ou seja, de forma não-linear.

Ao utilizar uma FQ, acredita-se que o estudante desenvolva a sua capacidade de flexibilização cognitiva, uma vez que a estratégia necessita de atenção para a navegação pelas questões, e instiga-o a desconstruir e reconstruir seus conhecimentos assimilados a partir das abordagens nas situações apresentadas nos casos e discutidas nas travessias temáticas (Oliveira; Aquino, 2021).

Ademais, com a utilização da FQ o estudante é impelido a desenvolver sua capacidade de atuação crítica, alcançando assim um maior nível de flexibilidade responsiva às situações cotidianas. Basicamente o estudante tem a possibilidade dar mais aplicabilidade a seus saberes construídos e desenvolver com mais eficiência as habilidades de tomada de decisões e resolução de situações-problemas, por exemplo (Santos, 2016). Nesse sentido, estudos recentes vêm apontando esses benefícios na aprendizagem dos estudantes (Oliveira; Aquino; Gusmão, 2017; Oliveira; Silva; Aquino, 2017; Silva; Cleophas, 2017; Oliveira; Gusmão; Aquino, 2018; Oliveira; Aquino, 2019a; Lima; Santana; Souza, 2020).

A partir da tese sobre FQ de 2016, a Universidade Federal Rural de Pernambuco passou a hospedar virtualmente uma plataforma onde qualquer indivíduo, a partir de uma conta gratuita, consegue buscar, utilizar e produzir FQs para utilizar em suas abordagens didáticas (vide <http://flexquest.ufrpe.br/>).

3 PERCURSO METODOLÓGICO

3.1 Classificação da Pesquisa

A presente pesquisa, de acordo com Fontelles *et al.* (2009), se caracteriza como teórica, de natureza aplicada, pois visa produzir conhecimentos voltados para a solução de problemas concretos do mundo moderno. Em seu aspecto teórico, a pesquisa apresenta uma abordagem analítica, por envolver uma análise e interpretação de dados e informações das teorias na literatura pertinente, a fim de entender as relações e padrões. Em seu aspecto aplicado, a pesquisa é do tipo desenvolvimento, pelos procedimentos visarem a ideação de uma estratégia didática inovadora, construída com base nas teorias analisadas e nas descobertas obtidas na fase de análise. Essa abordagem propõe enriquecer o campo da educação, proporcionando insights teóricos, contribuições analíticas e uma aplicação prática para a promoção da aprendizagem significativa e crítica.

3.2 Delineamento da Pesquisa

O decurso da pesquisa se deu a partir de três movimentos metodológicos:

(a) *Estudo das teorias*: inicialmente conduziu-se uma revisão abrangente da literatura que abordou a TAS, a ASC e a TFC. Isso incluiu a leitura de obras-chave: estudos publicados por Ausubel para a TAS (Ausubel, 1963, 2003; Ausubel; Novak; Hanesian, 1978, 1980); pesquisas publicadas por Moreira para a ASC (Moreira, 2003a, 2005a, 2007a, 2008, 2011a, 2011b, 2012a, 2022); e estudos concebidos por Spiro para a TFC (Spiro *et al.*, 1987, 1988, 1991, 2003; Spiro; Feltovich; Coulson, 1992; Spiro; Jehng, 1990). Ainda, foram realizadas leituras de artigos acadêmicos, teses e outros textos relevantes de autores que estudam essas teorias e que descreveram/exploraram essas em algum nível de profundidade. O estudo incluiu a análise dos princípios fundamentais, conceitos-chave e aplicações práticas de cada teoria.

(b) *Identificação das premissas convergentes das teorias*: foi realizada uma análise comparativa TAS, ASC e TFC para identificar pontos de suas premissas convergentes. Tal análise se deu a partir do destaque dos princípios de cada teoria e, após, a visualização

de intersecções entre os princípios da TAS e os da TFC, cujos resultados são relatados no capítulo 4. Essa análise fomentou a elaboração de descritores para a criação de uma estratégia didática inédita, que será apresentada adiante.

(c) *Embasamento da estratégia a partir da observação dos descritores oriundos da convergência de princípios da TAS/ASC e TFC*: baseado nos descritores elaborados a partir da análise de princípios convergentes entre as teorias estudadas, foi elaborada uma estratégia didática inédita para o ensino de Ciências da Natureza na Educação Básica. Cada etapa da estratégia foi cuidadosamente fundamentada nos descritores supracitados, garantindo que a abordagem pedagógica estivesse alinhada com concepções da TAS, ASC e TFC. A estratégia idealizada nesta pesquisa foi denominada FLEX-AS (Quadro 5), pelo nome conjugar o radical da palavra ‘flexibilidade’ com a abreviação de aprendizagem significativa (AS).

Quadro 5 – Estruturação geral da FLEX-AS.

Momentos	Etapas	Caracterização básica
1. Planejamento	-	Definição do conteúdo curricular/tema e dos aspectos declarativos e procedimentais desse, além de determinar os objetivos de aprendizagem. Levantamento do conhecimento prévio do estudante.
2. Ambientação	-	Diálogo inicial do professor com os estudantes, indicando a importância de uma aprendizagem significativa, crítica e flexível do conteúdo/tema em questão.
3. Vivência	a) Apresentação	Apresentação do contexto (caso) do conteúdo/tema será desenvolvido ao estudante.
	b) Desconstrução	O caso é decomposto pelo professor em seus respectivos recortes (minicasos), em que são adicionados os referidos comentários temáticos para o estudante.
	c) Resolução	É apresentada uma situação-problema em menor nível de complexidade para que o estudante resolva de forma individual.
	d) Ideação	É apresentada de uma situação-problema de maior nível de complexidade para que o estudante resolva, de forma coletiva.
	e) Criação	É apresentada uma questão cotidiana, devendo os estudantes, agrupados, elaborarem uma produção como resolução para ela.
4. Avaliação	-	a) Avaliação por meio da análise de indícios de aprendizagem significativa ao longo da aplicação estratégia b) Autoavaliação do estudante.

Fonte: Autor.

4 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (E CRÍTICA) E A TEORIA DA FLEXIBILIDADE COGNITIVA: PONTOS DE CONVERGÊNCIA

Retornando à Figura 1, que ilustra a zona de intersecção entre as teorias supracitadas como objeto de estudo desta pesquisa, essa seção constitui-se de reflexões acerca dessa aproximação. No início do século XXI já se tinha uma compreensão de que a TAS e a TFC se relacionavam tanto na aprendizagem, quanto na organização do conhecimento. A propósito a TFC, que é mais recente do que a TAS, tem parte de seus princípios baseados em autores construtivistas como Bruner, Piaget e Vygotsky, além do próprio Ausubel (Bolacha; Amador, 2003).

No cenário educacional contemporâneo, a busca por estratégias de ensino eficazes nunca foi tão premente (Oliveira, 2018). Assim, acredita-se que ao observar os princípios comuns à TAS/ASC e à TFC, identificando suas principais premissas, espera-se fornecer insights práticos para educadores e formuladores de materiais e estratégias educativas, a fim de auxiliar na promoção de uma educação mais relevante e adaptável a os desafios do século XXI.

A partir da interface que os pesquisadores deste estudo realizaram entre a TAS/ASC e a TFC, surgiram os seguintes pontos de convergência – descritores –:

- Ênfase na Construção do Conhecimento: Ambas as teorias reconhecem a importância dos estudantes construírem o conhecimento com autonomia (Ausubel, 2003; Vidmar; Sauerwein, 2021). Ausubel (2003) destaca a necessidade de conectar novas informações ao conhecimento prévio do estudante, enquanto Spiro enfatiza a necessidade de adaptar e flexibilizar a estrutura cognitiva existente para acomodar novos conhecimentos (Spiro; Jehng, 1990). Ademais, tanto a TAS/ASC quanto a TFC enfatizam a ideia de que os estudantes não são receptores passivos de informações. Em ambas as teorias, a aprendizagem é vista como um processo ativo, no qual os estudantes desempenham um papel central na construção e na organização do conhecimento.

- Relevância do Conhecimento Prévio: Tanto Ausubel e Moreira quanto Spiro reconhecem que o conhecimento prévio dos estudantes desempenha um papel fundamental no processo de aprendizagem (Spiro *et al.*, 1987; Ausubel, 2003; Moreira,

2005a). Na Teoria Ausubeliana, isso ocorre por meio da interação entre as informações apresentadas (ou descobertas) aos conhecimentos prévios relevantes existentes na estrutura cognitiva dos estudantes (Ausubel, 2003; Moreira, 2005a). Já na TFC, que possui raízes piagetianas, há essa relação análoga, que envolve a modificação e a reestruturação de esquemas presentes na estrutura cognitiva de quem aprende (Spiro *et al.*, 1987).

- Enfoque na Compreensão Profunda: Ambas as teorias valorizam a busca pela compreensão profunda em vez da simples memorização, um mecanismo cognitivo mais superficial. Ausubel (2003) enfatiza a aprendizagem significativa quando o estudante, munido de predisposição a aprender, relaciona concepções apresentadas ou descobertas com seus subsunçores, ampliando-os, tornando-os mais elaborados e adquirindo compreensão mais profunda acerca do tema em questão. Já Spiro incentiva a flexibilidade cognitiva, permitindo que os estudantes apliquem seu conhecimento de maneira adaptativa e progressiva em diferentes situações, adquirindo diferentes (e aprofundadas) compreensões sobre um tema complexo (Spiro *et al.*, 1987; Carvalho, 2000; Oliveira; Aquino, 2019a).

- Aprendizagem Contextualizada: Tanto a TAS/ASC quanto a TFC reconhecem a importância do contexto na aprendizagem. A TAS e a ASC argumentam que os conceitos trazidos pelo material instrucional devem ser ancorados no contexto dos subsunçores do estudante (Ausubel, 2003; Moreira, 2005a). Na TFC, Spiro enfatiza a adaptação do conhecimento a diferentes contextos e situações (Carvalho, 2000; Vidmar; Sauerwein, 2021).

- Progressividade da Aprendizagem: tanto na TAS quanto na TFC a progressividade é essencial para uma aprendizagem mais eficaz. Na TAS a progressividade envolve a organização hierárquica do conteúdo de ensino, com conceitos mais amplos atuando como âncoras para a compreensão de conceitos mais específicos. Essa abordagem permite aos estudantes integrarem novos conceitos aos seus subsunçores, ampliando-os e aperfeiçoando-os, para daí interagirem com outros novos conceitos (Ausubel, 2003). Por outro lado, na TFC a progressividade refere-se à capacidade do estudante de se adaptar e aplicar flexivelmente seu conhecimento em uma variedade de contextos. Aqui, a ênfase

está na expansão contínua da capacidade cognitiva do estudante, possibilitando a transferência de aprendizado para cenários progressivamente complexos e desafiadores ao longo do processo educacional, de maneira adaptativa.

Ainda, ao observar os princípios de organização do ensino da TFC, percebe-se uma aproximação da dinâmica dessas nos processos cognitivos de DP e RI da AS. As desconstruções de casos ora indicadas pela TFC (Spiro *et al.*, 1988) remetem a uma hierarquização (diferenciação) sucessiva de conceitos na estrutura cognitiva do estudante, que são decompostos da forma mais abrangente para uma forma mais específica, que nada mais é do que uma diferenciação progressiva (Ausubel, 2003). Ademais, as reconstruções e travessias temáticas indicadas pela TFC como potenciais promotoras de flexibilização cognitiva (SPIRO *et al.*, 1988) parecem remeter ao processo de RI da TAS, por esse movimento cognitivo ocorrer quando se relacionam ideias, destacando semelhanças e diferenças importante, ou resolvendo disparidades reais ou aparentes (Ausubel, 2003; Moreira, 2012b).

Para a TFC, o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva necessita de múltiplas representações do conhecimento que facilitem a transferência do conhecimento para situações novas. Para esse fim, é necessário que os estudantes sejam oportunizados a desenvolverem suas representações próprias ao construírem os conhecimentos acerca de uma dada temática (Spiro; Jehng, 1990; Carvalho, 2000).

Para Ausubel (2003), as aprendizagens passadas influenciam, positiva ou negativamente, uma nova aprendizagem significativa por causa do impacto que elas causam na estrutura cognitiva do indivíduo. Assim, a aprendizagem significativa tende a implicar na transferência do conhecimento, devido às alterações na estrutura cognitiva propiciadas pelo episódio didático potencialmente significativo. Conforme indica o mesmo autor, as variáveis da estrutura cognitiva são os principais elementos envolvidos na transferência; ainda, a própria transferência é, majoritariamente, reflexo da interferência destas variáveis. Posto isso, realça-se aqui a concepção de que a flexibilidade cognitiva ocorre graças à AS que a subjaz.

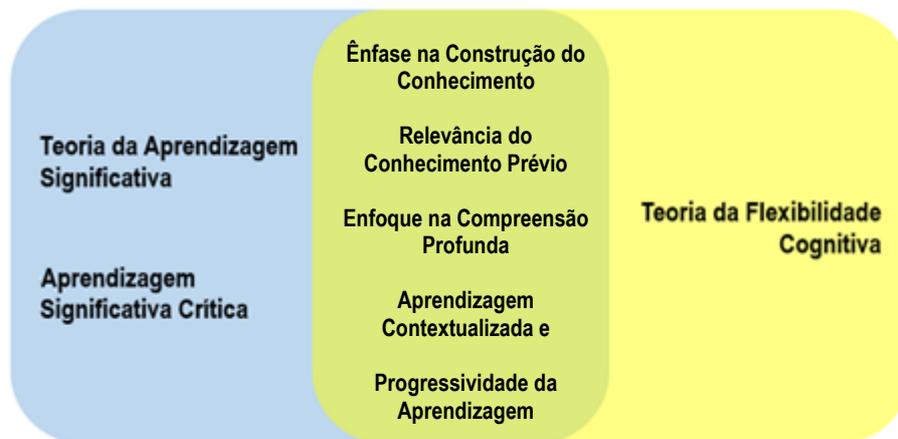
Ao enfatizar a adaptabilidade cognitiva, Spiro *et al.* (1987) sugere que os estudantes podem lidar de forma eficaz com situações complexas e imprevisíveis, sendo essa uma habilidade vital para o convívio na sociedade contemporânea. Nesse ponto a ASC aproxima-se da TFC, por indicar que o desenvolvimento de uma aprendizagem

crítica que propõe reflexão e ação. Entretanto, considera-se que a TFC fornece princípios que faz com que se observe além de uma simples transferência do conhecimento: há na Teoria de Spiro uma fundamentação para lidar com a complexidade da aprendizagem em um mundo em constante mudança. Assim, a TFC traz organizações programáticas particulares para a aprendizagem de conteúdos complexos (Spiro *et al.*, 1987).

Ao compreender em que pontos essas teorias se alinham e ao se debruçar sobre um objetivo preterido há anos, que é a busca por formas de facilitar uma aprendizagem com significado para os estudantes, pode-se pensar em articular estratégias de ensino mais eficazes para o estabelecimento de uma aprendizagem mais significativa (Oliveira, 2018).

A Figura 15 ilustra a caracterização da zona de interseção entre a TAS/ASC e TFC, indicando os pontos convergentes identificados entre as teorias. Assim sendo, após as reflexões supracitadas apresenta-se delineamento metodológico da pesquisa, a fim de caracterizar as etapas de desenvolvimento da estratégia didática visada a partir da observância dos pontos de convergência entre os princípios da TAS/ASC e TFC.

Figura 15 – Esquema que simboliza os pontos convergentes (em verde) entre a Teoria da Aprendizagem Significativa, a perspectiva da Aprendizagem Significativa Crítica (em azul) e a Teoria da Flexibilidade Cognitiva (em amarelo).



Fonte: Autor

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO: ESTRUTURAÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO DA FLEX-AS

5.1 Apresentação da estratégia

A FLEX-AS é uma estratégia didática que comunga elementos digitais e não-digitais, sendo constituída por ações didáticas sequenciadas de forma a poder facilitar o desenvolvimento de aprendizagens significativas e críticas em estudantes por ela abordados, isso no ensino de ciências da Educação Básica. Assim, a partir da flexibilização de conhecimentos pelo estudante, seus conhecimentos contruídos de forma significativa poderão desenvolver sua autonomia, criticidade e outras habilidades idiossincrásicas importantes para seu desenvolvimento e atividade na sociedade (Oliveira, 2018; Oliveira; Gusmão; Aquino, 2018; Oliveira; Aquino, 2019a).

Apesar da FLEX-AS ser direcionada para o ensino de ciências na Educação Básica, propõe-se uma estruturação de ações didáticas que dão à estratégia a possibilidade de ser utilizada em outras áreas do conhecimento. Isto porque ela apresenta uma caracterização geral diante de eventos educativos e não de premissas específicas do ensino das ciências.

5.2 Os momentos e as etapas da FLEX-AS

A FLEX-AS é constituída de quatro momentos: o de *Planejamento*, o de *Ambientação*, o de *Vivência* e o de *Avaliação* (Quadro 5). Especificamente, o momento de Vivência é constituído de cinco etapas: *Apresentação*, *Desconstrução*, *Resolução*, *Ideação* e *Criação*.

5.2.1 MOMENTO DE PLANEJAMENTO

O momento de Planejamento é a primeira ação didática da FLEX-AS: nela o professor define o conteúdo curricular/tema e elenca os aspectos declarativos e procedimentais desse, além de determinar os objetivos de aprendizagem. Esse movimento de planejar é essencial ao se pensar em abordagens potencialmente facilitadoras de AS (Lemos, 2011a). É importante que haja um levantamento dos conhecimentos prévios dos

estudantes-foco da estratégia, a fim de ampliar as chances de que haja ancoragem em subsunçores relevantes nas estruturas cognitivas deles (Ausubel, 2003).

A partir do levantamento do conhecimento prévio dos estudantes, o professor poderá seguir uma das duas vias possíveis: (a) se ocorrerem subsunçores julgados adequados para a abordagem, o professor segue para a Vivência da FLEX-AS; (b) caso os subsunçores apresentados sejam julgados insuficientes ou incoerentes com os da expectativa do professor, será necessário o uso de organizador prévio. Esse organizador prévio, que pode ser um texto introdutório, uma lista comparativa, uma simulação, recursos digitais, etc, servirá de ponte entre o tema que se pretende abordar com a FLEX-AS e os conhecimentos prévios mais generalistas dos estudantes. Isso poderá favorecer a construção de conhecimentos mais adequados à expectativa de aprendizagem do professor (Ausubel, 2003).

Antes do início da abordagem com a FLEX-AS, os estudantes precisam criar um espaço, denominado aqui como *Notas de Aprendizagem*, em que eles reunirão anotações, informações, percepções, reflexões e construções que experienciarem ao longo da FLEX-AS. Ao anotar, desenhar, calcular, rabiscar, impressões acerca de um tema, o estudante fornecerá mais detalhes que subsidiem o professor na avaliação da aprendizagem em curso. Essas Notas podem ser escritas em um caderno, bloco de notas ou algum recurso digital e também será um espaço em que o professor visualizará as resoluções das ações didáticas propostas pelas etapas da FLEX-AS. Em suma, as Notas de Aprendizagem se constitui como um material específico em que se concentrarão as produções gráficas produzidas durante a abordagem com a FLEX-AS.

5.2.2 MOMENTO DE AMBIENTAÇÃO

O momento de Ambientação se caracteriza como um instante que desempenha um papel crucial na criação de um ambiente propício ao desenvolvimento do conhecimento. Um ambiente de aprendizagem bem projetado e envolvente é capaz de estimular a curiosidade, motivar os alunos e facilitar a compreensão de conceitos complexos. Isso pode ser alcançado através da disposição do espaço, do uso de recursos visuais, auditivos e interativos, e da adaptação do ambiente às necessidades específicas dos estudantes. Além disso, a ambientação inclusiva e acolhedora promove a colaboração, a participação ativa e a criação de conexões significativas, proporcionando um contexto rico para a

aquisição de conhecimento e o desenvolvimento de competências ao longo da jornada educacional.

É neste momento o professor necessitará dialogar em uma conversa inicial com os estudantes abordando o tema planejado, o qual três perguntas precisarão ser explicitadas pelo docente:

- a) *Por que aprender significativamente e criticamente?*
- b) *Qual a importância do tema que será abordado na FLEX-AS para a formação de vocês?*
- c) *O que é a FLEX-AS e quantas e quais etapas iremos vivenciar para aprender o tema apresentado?*

É importante, antes da execução de qualquer ação didática que o professor planeje, que ele reflita com seus estudantes o quão relevante é aprender significativamente e criticamente, de modo que eles compreendam as nuances contextuais às quais aquele evento educativo se consolidará e como isso irá influenciar nas suas formações estudantis e, por consequência, pessoais (Moreira, 2022).

Para promover uma aprendizagem significativa é necessário gerar uma negociação de significados contextualizados entre o professor e os estudantes por meio de materiais potencialmente significativos. Isto para que os significados científicos possam ser assimilados via uma construção ativa, a qual permita que o estudante construa significados psicológicos dentro da aceitabilidade da comunidade de usuários que os valida e seja capaz de aplicá-los em novas situações-problema (Flores-Espejo, 2018). Ainda, é importante ressaltar que “a facilitação da aprendizagem significativa depende muito mais de uma nova postura docente, de uma nova diretriz escolar, do que de novas metodologias, mesmo as modernas tecnologias de informação e comunicação” (Moreira, 2012b, p. 23).

“Pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende, e essa e integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa” (Moreira, 2011b, p. 3). Além disso, é o estudante quem resolve se quer aprender de forma significativa ou não um dado conhecimento, pois esse processo acontece principalmente a partir de sua predisposição a aprender (Novak; Gowin, 1984; Ausubel, 2003). De acordo com Ausubel (2003) a intenção a aprender é essencial na aquisição de novos significados, porque tem papel precursor, guiador e iniciador das ações propostas pela atividade de

aprendizagem. “Sendo a intenção uma condição geral, cognitiva e obrigatória para a aprendizagem significativa, ela leva o aprendiz a, conforme a natureza da tarefa, tomar as decisões necessárias para aprender um novo conteúdo” (Belmont; Cunha; Lemos, 2022).

Ademais, é importante que o professor exponha para o estudante sobre aquilo que será o objeto do conhecimento e como a aprendizagem desse impactará a sua formação, de modo a despertar seu interesse e curiosidade sobre o tema e o processo didático. “Um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino (Moreira, 2011b, p. 3).

A partir do Planejamento, o professor também deve definir o caso (contexto), os respectivos minicasos deste e os temas de análise (conceitos) que os constituem. Esses devem ser organizados na forma de hipertexto digital e constituirão a primeira etapa do momento de Vivência: a Apresentação.

5.2.3 MOMENTO DE VIVÊNCIA

É no momento de Vivência que aplica-se, em suas etapas, os descritores construídos a partir da análise das teorias TAS/ASC e TFC. Tais etapas foram ordenadas seguindo a concepção de apresentação dos conceitos em um nível mais geral e amplo para um nível mais específico, conforme orienta Ausubel (2003), para facilitar uma AS.

5.2.3.1 Etapa de Apresentação

A Apresentação se caracteriza como o instante em que o estudante será apresentado ao contexto em que o conteúdo curricular/tema escolhido pelo professor estará presente. A etapa de Apresentação provém do descritor Aprendizagem Contextualizada, em que tanto a TAS/ASC quanto a TFC consideram a importância do contexto na aprendizagem.

Nessa etapa de Vivência da FLEX-AS é apresentado o contexto pelo qual o tema conceitual será desenvolvido. Esse contexto é, na perspectiva da TFC, um caso construído pelo professor por meio de hiperdocumentos. Hiperdocumentos são “sistemas embasados tanto em hipertexto quanto em hipermídia, por terem em comum o fluxo não-linear entre

nós de informação, ligados segundo relações pré-estabelecidas pelo autor” (Rezende; Cola, 2004, p. 95).

Hipertexto é um sistema informático que representa informações, geralmente textuais, através de conexões conceituais entre palavras-chave, organizadas de forma não sequencial. Já hipermídia é um sistema de informação que possibilita a navegação não linear e interativa através de diferentes tipos de mídia, como texto, imagem, vídeo, áudio e outros elementos, por meio de links ou conexões que permitem ao usuário acessar e explorar conteúdos relacionados de maneira não linear (Dias, 2000; Rezende; Cola, 2004).

Nesta direção, para a construção do hipertexto é importante que o professor faça uma curadoria das informações que deseja apresentar para os estudantes dentro de um dado caso, a fim de que esse possa, na próxima etapa da FLEX-AS, ser posteriormente decomposto de minicasos com seus respectivos comentários temáticos. As informações que constituirão o hipertexto (ou hipermídia) produzido(a) pelo professor têm que se relacionar com o tema conceitual e serem disponibilizadas por meio de uma página na internet.

Após a navegação pela hipermídia/hipertexto, o estudante submetido à FLEX-AS é convidado a escrever uma síntese textual em suas Notas de Aprendizagem sobre as informações que ele percebeu e que fizeram sentido para ele. Assim, ele terá a oportunidade de organizar o que assimilou e o que chamou mais sua atenção naquele tema. Nesta direção, Dias (2000, p. 149) comenta que

No plano da aprendizagem o hipertexto promove o desenvolvimento da representação multidimensional e flexível dos conteúdos, orientada pelas perspectivas construtivistas da aprendizagem, da cognição situada e da flexibilidade cognitiva. A incidência nos processos cognitivos e contextuais seguida na abordagem hipertexto, resulta da concepção da aprendizagem como um fenômeno de envolvimento e participação directa na construção do conhecimento. No quadro deste processo, o aluno dispõe de um sistema que o ajuda a pensar, a decidir e a construir novos cenários de representação do saber, através da reconfiguração dinâmica das relações entre os conteúdos suportados pelo sistema.

A indicação de que o professor utilize hipermídia digital acaba por evitar o uso de recursos tradicionais de ensino como livro didático ou exposição oral de informações. Essa ação se revela como potencialmente facilitadora de aprendizagem significativa crítica (Carvalho, 2000; Moreira, 2005a). Ainda, na TFC os sistemas de hipermídia são ferramentas potenciais para a flexibilização cognitiva, pois possibilitam ao estudante

observar e perceber o cenário do conhecimento de múltiplas formas. Assim, ele pode fazer relações entre conceitos, ideias e até com outros cenários de conhecimento (Ausubel, 2003; Carvalho, 2000; Moreira, 2005a).

Figura 16 – Exemplo de página da internet com hipermissão.



Fonte: Autor

A Figura 16 exibe um exemplo de hipermissão que abarca o caso “Sistemas Locomotores”. Ela foi produzida para o ensino dos sistemas esquelético e muscular no Ensino Médio, a qual o estudante tem a autonomia de começar explorando o recurso por onde quiser, a partir do clique nos círculos verdes. Esses círculos levarão o estudante à uma notícia cotidiana que se relaciona com o osso/músculo/articulação localizados naquele círculo clicado.

Na perspectiva da TAS, Ausubel (1978) argumenta que é desafiador evidenciar a ocorrência de aprendizagem significativa. Ele acredita que para haver compreensão real de um conceito ou proposição é necessário possuir significados bem definidos, precisos, distintos e aplicáveis em outras situações. No entanto, ao solicitar a compreensão do estudante, pedindo para que ele descreva ou caracterize um conceito ou os elementos cruciais de uma proposição, pode-se obter respostas que foram simplesmente memorizadas de maneira mecânica.

Ao pedir para que o estudante construa um texto indicando sobre o hipertexto/hipermissão apresentado, ele tem a possibilidade de construir uma síntese

segundo a sua compreensão acerca do tema abordado. “Testes de compreensão devem, no mínimo, ser escritos de maneira diferente e apresentados em um contexto, de certa forma, diferente daquele originalmente encontrado no material instrucional.” (Paulo, 2022, p. 18). Na perspectiva da ASC, ao promover o abandono da narrativa do professor e privilegiar o estudante como perceptor/representador do conhecimento, poder-se-á estar estimulando o desenvolvimento de uma aprendizagem crítica (Moreira, 2005a).

5.2.3.2 Etapa de Desconstrução

A etapa de Desconstrução se caracteriza como o instante em que o estudante poderá perceber as nuances em que os conceitos propostos pelo professor à aprendizagem aparecem, a partir da decomposição do caso exibido na etapa de Apresentação em minicasos, cada qual com seus respectivos comentários temáticos. O estudante deverá anotar em suas Notas de Aprendizagem os conceitos que percebeu, compreendeu e que fizeram sentido para ele. Nessa etapa, o descritor Relevância do Conhecimento Prévio é considerado.

A partir da premissa de que o conhecimento prévio é a variável mais importante para o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa (Ausubel, 2003; Moreira, 2005a), a desconstrução do caso pode proporcionar ao estudante perceber outros significados para os conceitos que constituem o tema, estimulando a emergência de AS por meio do processo de diferenciação progressiva (Ausubel, 2003). Na perspectiva da TFC, a decomposição do contexto em seus recortes (minicasos) pode permitir que aspectos relevantes do caso, que poderiam passar despercebidos durante a visualização completa do cenário apresentado, sejam percebidos individualmente com maior foco (Carvalho, 2000).

Ao decompor o caso em minicasos, adicionando a cada minicaso um ou mais comentários temáticos que realcem os conceitos que ocorrem em cada um deles, o professor indica orientações para que o estudantes percebam ideias que na leitura do caso talvez não tenham percebido. O comentário temático tem a função de esclarecer como um determinado conceito se relaciona com um minicaso específico (Pedro, 2005; Spiro; Jehng, 1990), caracterizando-se como uma forma de intermediação didática.

Ainda, esses comentários possibilitarão ao estudante estabelecer conexões entre diversos conceitos presentes em uma mesma situação, podendo contribuir para uma melhor compreensão que o professor deseja que o estudante tenha acerca do minicaso em questão, e, conseqüentemente, do caso (Rezende; Cola, 2004). Além disso, aqui há a possibilidade de negociação de significados entre professor, estudante e material educativo, que é considerada uma ação potencial de facilitação de ASC (Moreira, 2005a).

Pedro (2005) destaca a importância dos comentários temáticos na consideração de múltiplas perspectivas de análise. Dessa forma, o conjunto de comentários temáticos elaborados para cada minicaso, segundo (Carvalho, 2000), incorpora diferentes pontos de vista que colaboram para que o estudante compreenda o minicaso de forma mais aprofundada. Essa abordagem auxilia o estudante a observar a diversidade de conceitos e situações que constam nas entrelinhas do caso (Spiro *et al.*, 1988; Braga; José, 2021), permitindo que ele analise casos posteriores com mais experiência.

Pela perspectiva da TAS/ASC, a partir da premissa de que o conhecimento prévio é a variável mais importante para o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa (Ausubel, 1963, 2003; Moreira, 2005a), poder desconstruir os casos e proporcionar ao estudante perceber outros conceitos, ideias e concepções para além dos conceitos que ele conseguiu assimilar no caso é algo potencialmente eficaz. Essa ação poderá promover o estabelecimento de ASs subordinadas e superordenadas, além do processo de diferenciação progressiva, que são essenciais para que o estudante tenha progressão conceitual (Ausubel, 2003).

5.2.3.3 Etapa de Resolução

A etapa de Resolução se caracteriza como o instante em que o estudante é convidado à resolver uma situação-problema de menor nível de complexidade, concebida pelo professor, que envolva os conceitos apresentados nas etapas anteriores da FLEX-AS. O resultado do desfecho ideado deverá ser registrado nas Notas de Aprendizagem e apresentado ao professor, a fim do mediador ter um primeiro momento de avaliação sobre o andamento do estudante na FLEX-AS. Aqui é considerado o descritor Enfoque na Compreensão Profunda.

A situação-problema organizada pelo professor deve estar de acordo com o tema e se constituir de um contexto novo, a fim de que o estudante se depare com um outro cenário onde os conceitos que ele vem se defrontando também ocorrem. É indispensável que os conceitos trazidos nos comentários temáticos dos minicasos da etapa de Desconstrução se relacionem com a situação-problema apresentada na etapa de Resolução. Deste modo, o estudante deverá ser estimulado a resolver a situação-problema apresentada pelo professor nessa etapa, de forma individualizada, baseado em suas Notas de Aprendizagem e em outras ações de resolução que decidir tomar.

Na perspectiva da ASC, a ação didática proposta nessa etapa vai ao encontro a uma ação didática em que perguntas também sejam feitas aos estudantes, ao invés de apenas respostas prontas serem apresentadas no ensino de um dado tema. “Um ensino baseado em respostas transmitidas primeiro do professor para o aluno nas aulas e, depois, do aluno para o professor nas provas, não é crítico e tende a gerar aprendizagem não crítica, em geral mecânica.” (Moreira, 2005a, p. 9).

Segundo Moreira (2005a), é importante ressaltar que esse princípio não significa rejeitar a validade de momentos expositivos em que o professor apresenta e explica um assunto. O mais importante é que tanto o professor quanto os alunos adotem uma postura de diálogo, aberta, curiosa e investigativa, em vez de serem passivos ao falar ou ouvir. O que realmente importa é que tanto o professor quanto os alunos sejam curiosos do ponto de vista epistemológico. Essa curiosidade pode ser estimulada quando se contextualiza a questão ou estimula a competição, por exemplo.

Ainda, Moreira (2005a) indica na ASC, embasado em Vergnaud, que são as situações que dão sentido aos conhecimentos; e elas têm potencial para despertar a intencionalidade do estudante a aprender significativamente. Do ponto de vista da TFC, ao se deparar com situações complexas ou novas, é fundamental que o indivíduo seja capaz de utilizar seus conhecimentos e adquirir novas habilidades para compreender tais situações. Nesse sentido, a flexibilidade cognitiva torna-se fundamental, uma vez que permite que o sujeito se adapte a novas circunstâncias, desenvolvendo um novo repertório comportamental (Vidmar; Sauerwein, 2021).

Especificamente, uma aplicação do conhecimento até então assimilado pelo estudante à uma situação nova (problema a ser resolvido, por exemplo) envolve a combinação de diversos conceitos (Carvalho, 2000; Spiro; Jehng, 1990). O aspecto central na identificação dessa situação nova é que nela precisa haver características que a

diferem da situação inicial de aprendizagem (Carvalho, 1998), pois a base para o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva consistirá na capacidade de reorganização do conhecimento necessário para resolver a situação nova (Vidmar; Sauerwein, 2021).

Ainda, a etapa de Resolução, no modo como está idealizada, tem a possibilidade de desenvolver no estudante o processo de RI, o qual sua estrutura cognitiva acaba reorganizando significados, e o indivíduo começa a entender as semelhanças, as peculiaridades, as exceções, as distinções e os variados exemplos para aquele conceito aprendido (Ausubel, 2003). Por fim, o momento de avaliação individual proposto no final dessa etapa é importante para o professor ter ciência no nível de aprendizagem do estudante, para poder fazer ponderações futuras de avanços ou retrocessos no processo de aprendizagem dele. Promover o desenvolvimento de AS implica também considerar o caráter recursivo das ações de ensino-aprendizagem (Lemos, 2011b).

5.2.3.4 Etapa de Ideação

A etapa de Ideação se caracteriza como o instante em que os estudantes, agrupados, são convidados a resolver de uma situação-problema real selecionada pelo professor, considerada mais complexa que a apresentada na etapa de Resolução, cuja resolução colaborativa deve ser registrada nas Notas de Aprendizagem de cada membro do grupo. Aqui são considerados os descritores Enfoque na Compreensão Profunda e Progressividade da Aprendizagem.

A partir desta etapa da FLEX-AS, os eventos educativos são desenvolvidos com os estudantes associados em grupos. “As atividades colaborativas, presenciais ou virtuais, em pequenos grupos têm grande potencial para facilitar a aprendizagem significativa porque viabilizam o intercâmbio, a negociação de significados, e colocam o professor na posição de mediador.” (Moreira, 2012b, p. 23).

A aprendizagem significativa é, em essência, verbal, por recepção e simbólica (Ausubel, 2003). Isso vai ao encontro com as reflexões de Moreira, Caballero e Rodríguez (1997), os quais, apoiados na perspectiva vygotskyana, declaram que:

A aquisição de significados e a interação social são inseparáveis na perspectiva de Vygotsky, visto que os significados dos signos são construídos socialmente. As palavras, por exemplo, são signos linguísticos. Certos gestos também são signos. Mas os significados das palavras e dos gestos são acordados socialmente, de modo que a interação social é indispensável para que um aprendiz adquira tais significados. Mesmo que os significados cheguem ao

aprendiz através de livros ou máquinas, por exemplo, ainda assim é através da interação social que ele/ela poderá assegurar-se que os significados que captou são os significados socialmente compartilhados em determinado contexto (Moreira; Caballero; Rodríguez, 1997, p. 9).

Nesta direção, a fim de promover maior interação social e possibilitar os processos de negociação de significados e de assimilação e retenção de conceitos, a realização de atividades didáticas com os estudantes em grupos deve ser estimulada, pois é algo fortemente sugerido pela perspectiva vygotskyana. Em suma, a aprendizagem significativa necessita de interação social, ou seja, de trocas de significados por meio dos intercâmbios interpessoais. Entretanto, a facilitação da aprendizagem significativa não é unicamente isso, mas também envolve isso (Moreira; Caballero; Rodríguez, 1997).

Na etapa de Ideação, as situações são responsáveis por atribuir significado aos conceitos. Conforme o indivíduo desenvolve conceitos mais avançados, torna-se mais habilidoso em lidar com situações novas, cada vez mais desafiadoras. “À luz da teoria de Vergnaud, a AS tem sido interpretada em termos de progressividade e complexidade” (Moreira, 2017, p. 14). Na perspectiva da TAS, a AS é, substancialmente, uma dinâmica progressiva do fenômeno da aprendizagem, em que os conceitos estabelecidos ao longo do percurso de ensino-aprendizagem vão servindo de “âncora” para o estabelecimento de novas concepções e ideias que vão surgindo no contexto didático. Sendo assim, além é observável nessa etapa a ocorrência dos processos genuinamente ausubelianos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa (Ausubel, 2003).

Moreira (2002) comenta que a tarefa do professor é a de auxiliar os estudantes a desenvolverem seus acervos de esquemas e representações. Assim, com o desenvolvimento de novos esquemas, os estudantes podem ser capazes de defrontar situações ainda mais complexas do que anteriormente.

Os professores usam palavras e sentenças para explicar, formular questões, selecionar informações, propor metas, expectativas, regras e planos. Contudo, sua ação mediadora mais importante é a de prover situações (de aprendizagem) frutíferas para os estudantes. Tais situações devem ser cuidadosamente escolhidas, ordenadas, diversificadas, apresentadas no momento certo e dentro da zona de desenvolvimento proximal do aluno. Sem dúvida, uma tarefa difícil, mas essencial. (VERGNAUD, 1998 apud MOREIRA, 2002, p. 21)

Uma forma de avaliar se está havendo o estabelecimento de uma aprendizagem significativa no estudante é a partir da observação das respostas desse às situações novas introduzidas de forma progressiva no percurso formativo (Moreira, 2017). Segundo o mesmo autor, à medida que o indivíduo adquire maior domínio sobre diferentes situações,

que se tornam cada vez mais complexas, ele também aprimora sua capacidade de conceitualizar. Nesse processo dialético, a aprendizagem se torna progressivamente mais significativa, e os conceitos existentes se tornam mais elaborados, ricos, diferenciados e eficazes na atribuição de significado a novos conhecimentos.

Por outro lado, segundo Spiro (1988), a TFC aborda várias ações necessários para a flexibilização do conhecimento, dentre eles:

- Priorizar a aplicação do conhecimento em situações práticas em vez de enfatizar sua aplicação em situações abstratas;
- Facilitar a criação de estruturas mentais flexíveis por meio da exposição a situações em que conceitos específicos podem ser utilizados;
- Incentivar a participação ativa do aluno, oferecendo orientação e suporte para lidar com a complexidade.

Em vista disso, comungando com as concepções comentadas na perspectiva da TAS, a análise e resolução de uma situação-problema mais complexa tem potencial de desenvolver uma maior flexibilização do conhecimento pelo estudante, sendo esse processo podendo ser impulsionado ainda mais pela negociação de significados entre seus colegas de grupo. Isso pôde ser observado em um estudo em que estudantes interagiam para resolver uma problemática de jogo, onde Silva *et al.* (2011) observou desconstruções e reconstruções frequentes quando os envolvidos, a partir das interações com os colegas, reelaboravam ou reafirmavam conceitos para completar uma jogada. Essas desconstruções, podendo ser até imperceptíveis aos sujeitos, indicam que as interações sociais estabelecidas entre os indivíduos envolvidos são indispensáveis para a resolução de aspectos obscuros da situação-problema, a qual de outro modo poderiam passar despercebidos.

Ainda nessa direção, pode-se partir da premissa de que essas interações promovem uma reelaboração dos conhecimentos prévios dos indivíduos por meio de suas relações com outros e com o meio (Silva *et al.*, 2011). De acordo com as pesquisas de Martins (1997), a interação entre indivíduos mais experientes e menos experientes desempenha um papel crucial na resolução de variados problemas. Por meio da orientação fornecida pelos membros mais capacitados, aqueles com menos habilidades começam a se engajar em suas atividades e, gradualmente, aprendem a resolvê-las de forma

autônoma. Essas reflexões supracitadas comungam tanto para as premissas indicadas pela TAS, quanto pela ASC e pela TFC.

5.2.3.5 Etapa de Criação

A etapa de Criação se caracteriza como o instante em que os estudantes, agrupados, são convidados a solucionar uma questão cotidiana que carece de uma resolução, compreendendo conceitos que construíram ao longo do curso da FLEX-AS. A exigência é que essa resolução seja concreta/aplicável por eles, além de “publicável” na internet. Aqui são considerados os descritores Ênfase na Construção do Conhecimento, Relevância do Conhecimento Prévio, Enfoque na Compreensão Profunda, Aprendizagem Contextualizada e Progressividade da Aprendizagem.

Essa etapa apresenta um desfecho do percurso didático promovido pela estratégia, em que se demandam variados movimentos cognitivos, afetivos e conscientes para a produção de algo que tenha uma aplicabilidade no contexto social, algo inerente a uma AS. Nesse contexto, observa-se a relevância do conhecimento prévio para subsidiar essa transferência do conhecimento para novas situações. Se tratando a complexidade maior que é a resolução de problemas reais, observa-se aqui um estímulo à compreensão profunda e a progressividade da aprendizagem. Para a TAS, quando o estudante aprende, ele passa a assimilar concepções, conceitos e ideias porque esses fazem sentido para ele por se relacionarem a conceitos relevantes em sua estrutura cognitiva (Ausubel, 2003; Moreira, 2021c, 2022). A esse processo, observa-se a ênfase na construção do conhecimento e na aprendizagem contextualizada.

Quando o estudante aprende de forma mecânica, é muito difícil que ele consiga utilizar os conhecimentos assimilados mecanicamente na resolução de problemas ou outras ações que envolvam uma abordagem ativa. É sabido que a eficiência da aprendizagem significativa sobre a mecânica nos estudantes está no fato de a AS compreender uma elaboração de significados com compreensão e possibilidade de transferência desses a novas situações, já na AM o estudante, com os conceitos assimilados arbitrariamente e literalmente, é capaz apenas de atender a situações conhecidas, já vividas (Moreira, 2012b).

Na perspectiva da ASC, a etapa de Criação se consolida na principal ideia dessa: os estudantes lançam dos conhecimentos que construíram significativamente para analisar seu contexto de forma crítica, reflexiva e ativa (Moreira, 2005a). Na perspectiva da TFC, essa etapa possibilita que os estudantes possam avançar do nível introdutório para o nível avançado de flexibilidade cognitiva. Isso porque o estágio de nível avançado de flexibilização cognitiva acontece quando os estudantes aplicam os conhecimentos que já assimilaram para resolver problemas decum contexto onde múltiplos conceitos são relevantes e os padrões de utilização desses conceitos variam entre diferentes casos e situações (Spiro *et al.*, 1991). Com efeito, considerando que o conhecimento adquirido no presente tem um impacto significativo no nível e na qualidade da compreensão de conceitos e eventos futuros dentro do contexto do estudante, acredita-se que existe uma interdependência entre os diferentes níveis de aprendizagem (Pessoa; Nogueira, 2009b).

Além disso, as travessias pelas múltiplas representações do conhecimento, como o que ocorre na passagem dos estudantes pelas etapas de Resolução, Ideação e Criação, têm alto potencial de promover flexibilidade cognitiva (Spiro *et al.*, 1988; Carvalho, 2000; Rezende; Cola, 2004; Vidmar; Sauerwein, 2021). Portanto, a etapa de Criação parece ser um momento ideal para a verificação de como os conhecimentos construídos pelos estudantes são flexíveis e, conseqüentemente, transferíveis para novas situações, o que implica considerar que está havendo AS em curso (Oliveira, 2018; Oliveira; Aquino, 2019b).

Considerar que o conhecimento popularizado na rede mundial de computadores, Saber esse resultante da resolução da etapa de Criação, tem um papel fundamental na otimização do processo de aprendizagem. Isso porque ao publicar suas descobertas, acredita-se que os estudantes participam ativamente de uma atividade de consolidação do conhecimento (Oliveira, 2018), que envolve a revisão e a articulação do conteúdo de forma mais aprofundada (Ausubel, 2003). Além disso, essa prática promove interações sociais e a construção de comunidades de aprendizagem, refletindo princípios da teoria da vygotskyana (Martins, 1997; Moreira; Caballero; Rodríguez, 1997).

Ademais, a exposição a uma audiência global e a responsabilidade de explicar conceitos podem reforçar a compreensão individual do estudante, ao mesmo tempo em que incentivam sua reflexão crítica e a busca por soluções mais eficazes. Portanto, a publicação na internet parece não apenas ter potencial de aprimorar a compreensão do

estudante, mas também capacita-o a se tornar um aprendiz mais autônomo, contribuindo positivamente para sua própria formação (Alves, 2018).

5.2.4 MOMENTO DE AVALIAÇÃO

A Avaliação é um momento indispensável para a concretização do evento educativo promovido pela FLEX-AS. A análise do progresso da aprendizagem sob ótica da TAS requer um cuidadoso empenho, uma vez que a avaliação tem uma natureza formativa e recursiva (Lemos, 2011b). Em vez de ser encarada como um mero teste para selecionar e classificar, a avaliação deve ter uma abordagem mais abrangente, visando a inclusão e o diagnóstico (Flores-Espejo, 2018; Aquino; Nascimento; Oliveira, 2022; Oliveira; Cavalcante; Aquino, 2023). Esse processo avaliativo necessita de um conjunto de ações e variáveis, como a aplicação, construção, tempo, devolutivas, reorientação das tarefas de aprendizagens ainda não finalizadas, e do sentido psicológico (Silva; Silva, 2021).

Para Moreira (2021c) avaliar a aprendizagem é um processo que centra diversas discussões. Segundo o mesmo autor, ainda se vive um cenário educacional comportamentalista, no qual muitas vezes as avaliações da aprendizagem são centradas no estudante ser treinado para acertar as respostas julgadas corretas e evitar marcar as resoluções incorretas. No entanto, no que diz respeito à avaliação de aprendizagens significativas, é necessário considerar variados instrumentos que tenham a capacidade de indiciar as relações construídas significativamente (Aquino; Nascimento; Oliveira, 2022). Ademais, de acordo com Flores-Espejo (2018), para avaliar uma aprendizagem com significado é necessária a aplicação de múltiplos instrumentos de avaliação, que visem conhecer os diversos significados que são expostos pelos estudantes no processo de ensino-aprendizagem.

Quadro 6 – Domínios onde acontece a aprendizagem significativa

Domínio	Descrição
Cognitivo	Aspectos cognitivos da aprendizagem, envolvidos com os conteúdos teóricos, conceituais, declarativos. É neste domínio que são possíveis localizar algumas variáveis com seus respectivos critérios de aprendizagem: <i>estrutura cognitiva, retenção de significados e predisposição a aprender.</i>
Atitudinal	Se refere aos aspectos práticos, procedimentais e metodológicos, que implicam na ação do aprendiz em situações específicas.
Ciente	Se refere ao estado de sentir do estudante que implica nas variáveis afetivas emocionais e sentimentais relacionadas à aprendizagem.

Consciente	Se refere aos aspectos intencionais da aprendizagem, levando em conta o pensamento crítico e reflexivo, os processos metacognitivos e valores éticos do aprendiz.
Contextual	Se refere aos aspectos extrínsecos situacionais que ocorrem em eventos e interações que favorecem a AS, ou seja, se trata de um contexto potencialmente significativo. Este domínio implica em desenvolver contextos didáticos adequados e novos, virtuais ou reais, teóricos ou práticos.

Fonte: Adaptado de Flores-Espejo (2018)

Para avaliar com melhor precisão a aprendizagem significativa, Flores-Espejo (2018) sugere a análise de elementos ausubelianos (variáveis, critérios e itens) que tendem evidenciar uma AS em curso. Tais elementos se assentam em cinco grandes domínios nos quais a aprendizagem significativa se estabelece: Cognitivo, Atitudinal, Ciente, Consciente e contextual do estudante (Quadro 6).

De acordo com Moreira (2003b, p. 5), “é preciso pensar a avaliação como favorecedora da aprendizagem, não como obstaculizadora.”. A fim de se ter uma avaliação mais fidedigna, buscando indícios tanto de aprendizagem significativa quanto de flexibilização cognitiva, serão utilizadas duas estratégias: a) observação dos indícios que representem que uma aprendizagem significativa está em curso; e b) A autoavaliação.

A observação de evidências as quais representem que uma aprendizagem significativa está em curso devem se constituir de diversos métodos que o professor julgar necessários (Flores-Espejo, 2018). Assim, propõe-se que, para avaliar a efetividade da FLEX-AS, o professor pode analisar o discurso, o comportamento, o estado afetivo, a capacidade de resolução de problemas, as tomadas de decisões, a interação entre estudantes e destes com o professor e também os dados registrados nas Notas de Aprendizagem. Esses são um caminho para a verificação de indícios que uma AS está em curso. Ainda, essa observação de indícios de AS também se aplicam à verificação do flexibilização de conhecimento, já que esse processo é inerente à AS.

Na autoavaliação o estudante é capaz de refletir sobre seu percurso de aprendizagem, sobre o papel do seu professor como mediador e sobre seus aspectos cognitivos, afetivos e contextuais frente experiência na FLEX-AS. “A avaliação, como lugar comum do fenômeno educativo, se refere não só à aprendizagem, mas também ao ensino, ao currículo e ao contexto.” (Moreira, 2003b, p. 1). Assim, por meio da autoavaliação tanto o estudante, quanto o professor poderão compreender as nuances que envolveram o percurso didático promovido pela FLEX-AS, possíveis incoerências e ações exitosas do mesmo.

5.2.5 UMA PROPOSTA DE FLEX-AS PARA ENSINO DE BIOLOGIA

Diante da proposta de estratégia didática citada neste capítulo, apresenta-se no Quadro 7 uma proposta de FLEX-AS para o ensino de Ciências da Natureza - Biologia, mais especificamente para o estudo das cadeias alimentares para séries do Ensino Médio, que tem como objetivos de aprendizagem:

- a) Compreender os conceitos básicos das cadeias alimentares, incluindo os diferentes níveis tróficos e as relações de alimentação entre os organismos.
- b) Reconhecer a importância das cadeias alimentares para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas e a transferência de energia e nutrientes entre os seres vivos.
- c) Analisar e descrever exemplos de cadeias alimentares em diferentes ambientes, como florestas, oceanos, savanas ou áreas urbanas, e compreender as interações entre os diferentes organismos.
- d) Avaliar o impacto das atividades humanas, como a poluição química ou o uso de pesticidas, na biomagnificação trófica e nos ecossistemas, destacando a importância da conscientização e adoção de práticas sustentáveis para prevenir a contaminação e minimizar os riscos para a saúde humana e o meio ambiente.

Quadro 7 – Proposta de FLEX-AS para o ensino de Biologia

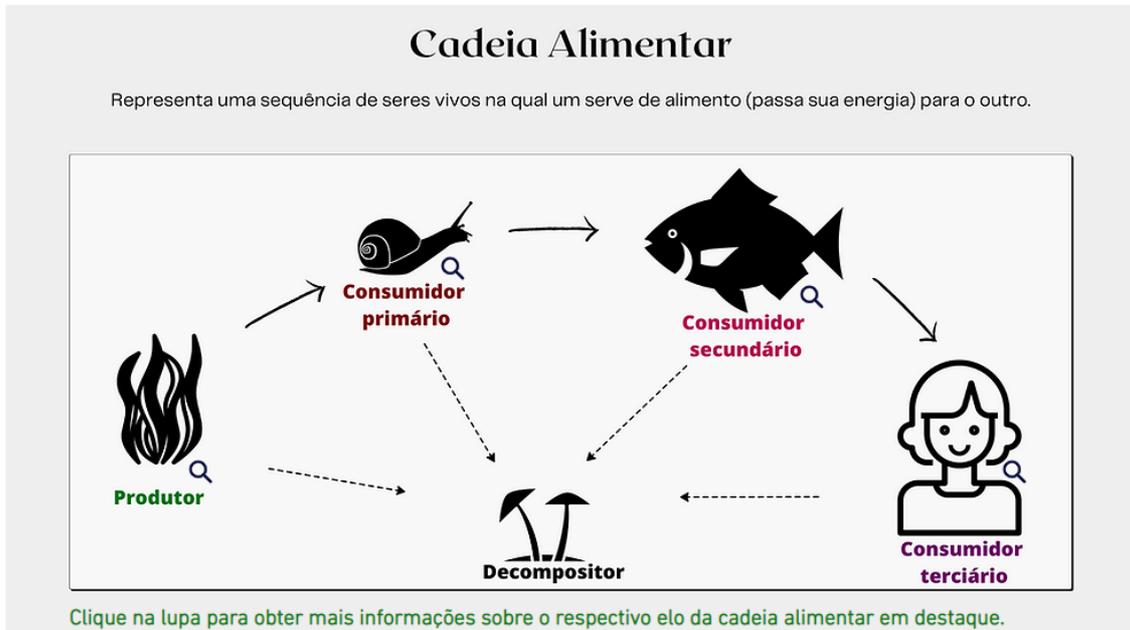
Etapa	Caracterização da ação didática
<i>Apresentação</i>	Apresentação de um caso, ilustrado em uma página de hipermídia construída pelo professor (Figura 16). Esse caso mostra uma cadeia alimentar a qual cada minicaso é representado por um elemento constituinte dessa cadeia. Ao clicar no minicaso, o estudante é direcionado para uma página de informações sobre aquele respectivo elemento da cadeia, a fim aprofundar-se no tema. Após navegação pela página, o estudante deve escrever uma breve síntese sobre o que compreendeu em seu bloco de Notas de Aprendizagem.
<i>Desconstrução</i>	O estudante é orientado a abrir o link de cada minicaso e observá-lo a luz dos comentários temáticos indicado pelo professor e realizar suas anotações nas Notas de Aprendizagem. Para essa FLEX-AS, os comentários temáticos serão constituídos por um texto direto do professor, seguido por um link de página da internet que abarque o tema central do minicaso. Serão os comentários: <i>a) Sabia que os produtores são seres indispensáveis não só para a existência da cadeia alimentar, mas também para a existência dos seres vivos a nível respiratório e climático? Clique em < https://meuartigo.brasilecola.uol.com.br/biologia/a-importancia-fotossintese-para-vida-no-planeta.htm> e saiba mais.</i>

	<p>b) Você consegue ter mais energia consumindo plantas do que consumindo animais, sabia? Pois é, acesse < https://brasile scola.uol.com.br/curiosidades/alimentacao-vegetal-alimentacao-animal.htm> e confira.</p> <p>c) Sabia que o solo de florestas tropicais é pobre em nutrientes? A resposta está no processo de decomposição! Confira em < https://www.blogs.unicamp.br/geofagos/2006/10/10/solo-pobre-vegetacao-exuberante/>.</p>
<i>Resolução</i>	<p>O estudante é direcionado a resolver a situação-problema e anotar em suas Notas de Aprendizagem para apreciação do professor:</p> <p><i>Em uma floresta tropical, uma cadeia alimentar é composta por plantas, herbívoros, carnívoros primários e carnívoros secundários. Um estudante, ao realizar um estudo de campo nessa região, observou que a população de herbívoros diminuiu significativamente ao longo dos últimos anos. Qual pode ser a causa da diminuição da população de herbívoros na cadeia alimentar da floresta tropical e quais serão as consequências desse declínio para os demais níveis tróficos da cadeia alimentar?</i></p>
<i>Ideação</i>	<p>Os estudantes têm que se reunir em grupos para resolver a seguinte situação-problema:</p> <p><i>Em uma comunidade agrícola, os agricultores enfrentam um desafio significativo em suas plantações devido à presença de pragas que causam danos às culturas. No entanto, eles estão cada vez mais preocupados com os efeitos negativos do uso de agrotóxicos, que podem não apenas afetar a saúde humana, mas também causar problemas ambientais, incluindo a bioacumulação de substâncias tóxicas nos níveis tróficos. Como uma equipe, idealizem uma alternativa que pode ajudar os agricultores a implementar práticas sustentáveis de controle de pragas, reduzindo a dependência de agrotóxicos.</i></p> <p>Após chegarem numa resolução os membros do grupo devem anotar a resposta em suas Notas de Aprendizagem.</p>
<i>Criação</i>	<p>Os estudantes devem se organizar para elaborar uma resolução criativa, e posteriormente apresentar à turma, para a questão:</p> <p><i>Como os estudantes podem construir algo criativo, com função social, que promova a compreensão das cadeias alimentares e inspire a comunidade a adotar práticas sustentáveis em prol da conservação dos ecossistemas?</i></p>
<i>Avaliação</i>	<p>A avaliação se dará de forma somativa e recursiva, a partir da observação do professor das Notas de Aprendizagem.</p> <p>Será realizado um formulário do Google Forms com questões de autoavaliação para os estudantes, além de questões que perguntam sobre a atuação do professor e se eles reconhecem se atingiram ou não os objetivos de aprendizagem propostos pelo professor.</p>

Fonte: Autor.

A Figura 17 indica um exemplo de hiperímia que foi produzida pelo pesquisador deste estudo para a aplicação da FLEX-AS proposta acima.

Figura 17 – Página de hiperímia produzida para aplicação da FLEX-AS sobre cadeias alimentares.



© 2017 por Jose Antonio Bezerra. Orgulhosamente criado com Wix.com



Esta obra está licenciado com uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).



Fonte: Autor.

5. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

A análise dos princípios fundamentais da TAS, ASC e TFC permitiu-nos aprofundar nossa compreensão de suas bases teóricas, fornecendo um sólido fundamento para o desenvolvimento da estratégia didática FLEX-AS. A identificação das premissas convergentes entre as teorias revelou uma convergência notável, em que foram concebidos cinco descritores: Ênfase na Construção do Conhecimento, Relevância do Conhecimento Prévio, Enfoque na Compreensão Profunda, Aprendizagem Contextualizada e Progressividade da Aprendizagem.

A partir do arcabouço teórico dos descritores foi possível desenvolver a FLEX-AS, que modelou uma AS crítica, em que o estudante aplica conhecimentos e toma decisões em variadas situações. Esta estratégia pode capacitá-lo a avaliar informações, compreender a natureza da ciência e aplicar o pensamento crítico em seu contexto cotidiano. Isso pode torná-lo um cidadão reflexivo e informado, capaz de participar ativamente de discussões científicas, sociais e tomar decisões baseadas em evidências. Isto por si só responde ao problema da ausência de aprendizagens significativas e críticas no ensino de Ciências na atualidade, cumprindo plenamente os objetivos propostos nesta pesquisa. À medida que enfrentamos complexos desafios, como mudanças climáticas e avanços tecnológicos, é crucial que os estudantes desenvolvam uma compreensão profunda dos conceitos científicos.

O cerne da contribuição deste estudo, entretanto, reside nas perspectivas futuras que se delineiam a partir deste ponto. A estratégia FLEX-AS, com seu caráter generalista e flexível, apresenta um potencial que transcende o âmbito deste estudo, que é para o ensino de Ciências. A potencialidade da FLEX-AS como uma estratégia com versatilidade e adaptabilidade sugerem que ela pode ser aplicada em diversas áreas do conhecimento e em diferentes níveis de ensino. Esta perspectiva, portanto, desafia a pesquisa educacional a explorar novos horizontes e a expandir o escopo de aplicação da FLEX-AS.

O prosseguimento deste trabalho indica a implementação da estratégia FLEX-AS em contextos diversos educacionais, seguido de uma avaliação minuciosa de seus impactos na aprendizagem dos estudantes. Além disso, a adaptação curricular e a formação de professores desempenham um papel crucial, uma vez que a eficácia da FLEX-AS depende em grande parte de sua implementação adequada.

Este estudo, portanto, representa o fim de um doutorado e o início de uma jornada contínua de outras pesquisas nas quais a estratégia FLEX-AS pode desempenhar um papel fundamental na melhoria da qualidade da educação. O conhecimento adquirido aqui indica que esses resultados contribuirão não apenas para o avanço das teorias de aprendizagem, mas também para o aprimoramento da prática pedagógica em diferentes domínios e níveis de ensino. Conforme avançamos nessa jornada, é imperativo que busquemos a implementação da estratégia FLEX-AS em ambientes educacionais diversos, a fim de avaliar seu impacto de maneira aprofundada e substancial. A validação prática dessa estratégia não apenas fortalecerá sua credibilidade, mas também fornecerá insights valiosos para seu refinamento e otimização.

A concepção da estratégia FLEX-AS representa não apenas uma celebração de conhecimentos conquistados e aplicáveis, mas também uma inspiração para enfrentar os desafios educacionais do futuro com confiança e inovação. A educação é um campo dinâmico, e as abordagens pedagógicas evoluem constantemente. Portanto, a pesquisa contínua é fundamental para manter-se atualizado e alinhar-se com as demandas educacionais em constante transformação. Em última análise, é nossa responsabilidade coletiva, como educadores e pesquisadores, continuar a contribuir para a melhoria constante do ensino e da aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- AGRA, G. *et al.* Análise do conceito de Aprendizagem Significativa à luz da Teoria de Ausubel. **Revista brasileira de enfermagem**, v. 72, n. 1, p. 248–255, 2019.
- AGUIAR, J. G.; CORREIA, P. R. M. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 2, p. 141–157, 2013.
- ALEIXO, A. A.; LEÃO, M. B. C.; SOUZA, F. N. de. FlexQuest: potencializando a WebQuest no Ensino de Química. **Revista entreideias: educação, cultura e sociedade**, v. 13, n. 14, p. 119–133, 2009.
- ALVES, S. R. **Tecnologia Educacional**. São Paulo: Clube de Autores, 2018.
- AMARAL, A. do. **Ensino de Ciências e atividades interativas e colaborativas: uma proposta de Aprendizagem Significativa Crítica**. Dissertação—[s.l.] Universidade do Grande Rio, 2018.
- AQUINO, K. A. da S.; DE CHIARO, S. Uso de Mapas Conceituais: percepções sobre a construção de conhecimentos de estudantes do ensino médio a respeito do tema radioatividade. **Ciências & Cognição**, v. 18, n. 2, p. 158–171, 2013.
- AQUINO, K. A. da S.; NASCIMENTO, S. T. G.; OLIVEIRA, J. A. B. Avaliação da aprendizagem por parâmetros ausubelianos após vivência em uma unidade de ensino potencialmente significativa. **Espaço Pedagógico**, v. 29, n. 2, p. 599–617, 2022.
- AQUINO, K. A. da S.; QUEIROZ, G. K. de; AQUINO, F. da S. Utilização do Modelo de Debate Crítico como Estratégia Didática para a Construção do Conhecimento Químico na Perspectiva de uma Aprendizagem Significativa Crítica. **Química Nova na Escola**, v. 43, n. 1, p. 119–128, fev. 2021.
- AULETE, F. J. C. **Minidicionário contemporâneo da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2004. v. 1
- AUSUBEL, D. P. **The Psychology of Meaningful Verbal Learning**. Oxford, England: Grune & Stratton, 1963.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: uma Perspectiva Cognitiva**. 1. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational psychology: A cognitive view**. 2. ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BELMONT, R.; CUNHA, K. M. C. B. da; LEMOS, E. dos S. Os significados de Intenção e Disposição para aprender na Teoria da Aprendizagem Significativa. **Espaço Pedagógico**, v. 29, n. 2, p. 269–283, 2022.

BOLACHA, E.; AMADOR, F. Organização do conhecimento, construção de hiperdocumentos e ensino das ciências da terra. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 1, p. 31–52, 2003.

BRAGA, G. R. **A Teoria da Flexibilidade Cognitiva como estruturante dos três momentos pedagógicos: contribuições ao ensino de Física na Educação de Jovens e Adultos**. Dissertação—[s.l.] Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2019.

BRAGA, G. R.; JOSÉ, W. D. Articulações entre Teoria da Flexibilidade Cognitiva e os Três Momentos Pedagógicos: confecção e análise de um material didático na estrutura fractal. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 1, p. 84–107, 2021.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular. Ministério da Educação e Cultura** Brasília, 2018.

CARNEIRO-LEÃO, M. B.; NERI de SOUZA, F.; MOREIRA, A. FlexQuest: literacia da informação e flexibilidade cognitiva. **Indagatio Didactica**, v. 3, n. 3, p. 108–125, 2011.

CARVALHO, A. A. A. **Os documentos hipermídia estruturados segundo a teoria da flexibilidade cognitiva: Importância dos comentários temáticos e das travessias temáticas na transferência do conhecimento para novas situações**. Tese—Braga: Universidade do Minho, 1998.

CARVALHO, A. A. A. A representação do conhecimento segundo a teoria da flexibilidade cognitiva. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 13, n. 1, p. 169–184, 2000.

CARVALHO, A. A. A. Promover a Flexibilidade Cognitiva em Níveis Avançados do Conhecimento. **Revista da FAGED**, n. 6, p. 25–46, 2002.

CARVALHO, A. A. A. A Teoria da Flexibilidade Cognitiva e o Modelo Múltiplas Perspectivas. Em: LEÃO, M. B. C. (Ed.). **Tecnologias na educação : uma abordagem crítica para uma atuação prática**. Recife: Editora UFRPE, 2011. p. 17–42.

DE CHIARO, S.; AQUINO, K. A. da S. Argumentação na sala de aula e seu potencial metacognitivo como caminho para um enfoque CTS no ensino de química: Uma proposta analítica. **Educação e Pesquisa**, v. 43, n. 2, p. 411–426, 2017.

DE CHIARO, S.; AQUINO, K. A. da S.; LIMA, R. C. N. **A perspectiva dialógica da argumentação como fundamento para uma aprendizagem significativa crítica propiciada pela construção individual de mapas conceituais**. IX Encontro Internacional de Aprendizagem Significativa. **Anais...2019a**.

DE CHIARO, S.; AQUINO, K. A. da S.; LIMA, R. C. N. A argumentação presente na construção de mapas conceituais como propulsora de uma aprendizagem significativa crítica. **Revista Dynamis**, v. 25, n. 3, p. 66–83, 2019b.

DIAS, P. Hipertexto, hipermídia e media do conhecimento: representação distribuída e aprendizagens flexíveis e colaborativas na Web. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 13, n. 1, p. 141–167, 2000.

FAINHOLC, B. **Diccionario Práctico de Tecnología Educativa**. 1ª ed. Buenos Aires: Alfagrama, 2009.

FERRACIOLI, L. **O “V” Epistemológico como Instrumento Metodológico para o Processo de Investigação: Exemplos na Área de Informática na Educação**. Anais do XXVI Congresso da SBC. **Anais...**Campo Grande: Sociedade Brasileira de Computação, 2006.

FERREIRA, A. B. H. **Novo Aurélio Século XXI: O Dicionário da Língua Portuguesa**. Nova Fronteira, 1999.

FLORES-ESPEJO, J. L. Evaluación del aprendizaje significativo con criterios ausubelianos prácticos. un aporte desde la enseñanza de la bioquímica. **Investigación y Postgrado**, v. 33, n. 2, p. 9–29, 2018.

FONTELLES, M. J. *et al.* Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. **Revista paraense de medicina**, v. 23, n. 3, p. 1–8, 2009.

GOWIN, D. B.; ALVAREZ, M. C. **The art of educating with V diagrams**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

GUERRA, C. G. **Flexibilidade Cognitiva e Rendimento Escolar: estudo com alunos do Instituto Politécnico de Portalegre**. III Seminário de I&DT. **Anais...**2012.

LEITÃO, S. Argumentação e desenvolvimento do pensamento reflexivo. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 20, n. 3, p. 454–462, 2007.

LEMOS, E. A Teoria de Aprendizagem Significativa e sua relação com o ensino e com a pesquisa sobre o ensino. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 3, p. 47–52, 2011a.

LEMOS, E. dos S. A Aprendizagem Significativa: estratégias facilitadoras e avaliação. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 1, p. 25–35, 2011b.

LIMA, V. H. M. DE; SANTANA, O. A.; SOUZA, T. E. M. dos S. Plataforma Flexquest: um recurso educacional voltado para a conservação dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 15, n. 5, 2020.

LIMA, R. S. de A. **A argumentação como ferramenta para construção de uma aprendizagem significativa crítica no ensino de Química**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2019.

LIMA, R. S. de A.; AQUINO, K. A. da S.; FIRME, R. do N. Percepção, conhecimento e linguagem: contribuições da argumentação para construção de uma aprendizagem significativa crítica. **Cadernos de Estudos e Pesquisa na Educação Básica**, v. 4, n. 1, p. 408–424, 2018.

MARTINS, J. C. Vygotsky e o Papel das Interações Sociais na Sala de Aula: Reconhecer e Desvendar o Mundo. Em: **Série Ideias**. São Paulo: FDE, 1997. v. 28p. 111–112.

MARTINS, T. M. T. M. **Proposta de revitalização do laboratório de ciências da EEM Dep. Francisco de Almeida Monte**. Monografia—Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2018.

MASINI, E. F. S. Aprendizagem Significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos. **Aprendizagem significativa em revista**, v. 1, n. 1, p. 16–24, 2011.

MELO, A. L. F. D. de; SILVA, L. A. da; AQUINO, K. A. da S. Avaliação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino da interação animal com a poluição hídrica na educação básica. **Cadernos de Estudos e Pesquisa na Educação Básica**, v. 6, n. 1, p. 1–20, 2020.

MOREIRA, J. A.; SCHLEMMER, E. Por um novo conceito e paradigma de educação digital online. **Revista UFG**, v. 20, n. 26, p. 01–35, 2020.

MOREIRA, M. A. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 1, p. 7–29, 2002. MOREIRA, M. A. **Linguagem e Aprendizagem Significativa**. IV Encontro Internacional de Aprendizagem Significativa. **Anais...Maragogi**: 2003a. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~Moreira/linguagem.pdf>

MOREIRA, M. A. **Avaliação da Aprendizagem**. 2003b. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.88.5042&rep=rep1&type=pdf> <https://www.ideals.illinois.edu/handle/2142/73673> <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0.33646678859&partnerID=40&md5=3ee39b50a5df02627b70c1bdac4a60ba>

MOREIRA, M. A. Aprendizaje Significativo Crítico. **Indivisa - Boletín de Estudios e Investigación**, n. 6, p. 83–102, 2005a.

MOREIRA, M. A. Mapas conceptuales y Aprendizaje Significativo. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 4, n. 2, p. 38–44, 2005b.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: da visao clássica à visão crítica. **Indivisa: Boletín de estudios e investigación**, v. 1, n. 8, p. 83–98, 2007a.

MOREIRA, M. A. V Diagrams and Meaningful Learning. **Revista Chilena de Educación Científica**, v. 6, n. 2, p. 3–12, 2007b.

MOREIRA, M. A. Negociação de significados e Aprendizagem Significativa. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 1, n. 2, p. 2–13, 2008.

MOREIRA, M. A. Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e aprender a aprender criticamente. **REMPEC - Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 4, n. 1, p. 2–17, 2011a.

MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43–63, 2011b.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. **Revista Currículum, La Laguna**, v. 25, p. 29–56, 2012a.

MOREIRA, M. A. ¿Al final, qué es aprendizaje significativo? **Revista Currículum**, v. 25, p. 29–56, 2012b.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa, Campos Conceituais e Pedagogia da Autonomia: Implicações para o Ensino. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 2, n. 1, p. 44–65, 2017.

MOREIRA, M. A. Ensino de Ciências: críticas e desafios. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 1–10, 2021a.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, n. 1, p. e202004511–e202004518, 2021b.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa em Ciências: Condições de Ocorrência vão Muito Além de Pré-Requisitos e Motivação. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC**, v. 11, n. 2, p. 25–35, 9 jul. 2021c.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem ativa com significado. **Espaço Pedagógico**, v. 29, n. 2, p. 405–416, 2022.

MOREIRA, M. A.; CABALLERO, M. C.; RODRÍGUEZ, M. L. **Aprendizagem Significativa: um conceito subjacente**. Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo. **Anais...1997**.

NASCIMENTO, S. de T. G. **Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino do pH da água e seu efeito na biodiversidade**. Dissertação—Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2021.

NASCIMENTO, S. de T. G.; AQUINO, K. A. da S. **Estudo da construção do diagrama V como metodologia ativa para a promoção de uma aprendizagem significativa crítica**. Anais do XI Encontro Internacional de Aprendizagem Significativa. **Anais...Sorocaba: UGFSCar**, 2019.

NOVAK, J. D. Concept maps and Vee diagrams: Two metacognitive tools for science and mathematics education. **Instructional Science**, v. 19, n. 1, p. 29–52, 1990.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. The origins of the concept mapping tool and the continuing evolution of the tool. **Information visualization**, v. 5, n. 3, p. 175–184, 2006.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, v. 5, n. 1, p. 9–29, 2010.

NOVAK, J. D.; CANAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elabora-los e usa-los. **Praxis Educativa**, v. 5, n. 1, p. 9–29, 21 jul. 2010.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Learning how to learn**. 1. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

OLIVEIRA, J. A. B. **Flex-água: ferramenta para o ensino de água na perspectiva da aprendizagem significativa crítica na educação básica**. Dissertação—[s.l.] Universidade Federal de Pernambuco, 2018.

OLIVEIRA, J. A. B. *et al.* **Ferramenta interdisciplinar para o ensino de hormônios na perspectiva da Aprendizagem Significativa Crítica na educação básica**. Anais do 20º Encontro Nacional de Ensino de Química. **Anais...Recife: Even3**, 2020.

OLIVEIRA, J. A. B.; AQUINO, K. A. da S. **Flexquest como estratégia pedagógica potencialmente significativa: uma revisão crítica**. Anais do IX Encontro Internacional de Aprendizagem Significativa. **Anais...2019a**.

OLIVEIRA, J. A. B.; AQUINO, K. A. da S.; GUSMÃO, P. T. R. **Flexquest como potencial ferramenta para promoção da Aprendizagem Significativa Crítica no ensino de Ecologia no Ensino Médio**. Anais do IV Congresso Nacional de Educação. **Anais...2017**.

OLIVEIRA, J. A. B.; CAVALCANTE, P. S.; AQUINO, K. A. da S. Mapas conceituais na avaliação da aprendizagem decorrente de sequências de ensino potencialmente significativas para o ensino de ciências. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC**, v. 13, n. 1, p. 61–77, 28 abr. 2023.

OLIVEIRA, J. A. B.; FERREIRA, B. L. B.; AQUINO, K. A. da S. **Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de sistemas locomotores na educação básica**. Anais do 7º Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa. **Anais... 2018**.

OLIVEIRA, J. A. B.; GUSMÃO, P. T. R.; AQUINO, K. A. da S. **Flexquest como material instrucional potencialmente significativo para o ensino das ciências naturais**. Anais do 7º Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa. **Anais...2018**.

OLIVEIRA, J. A. B.; SILVA, C. J. da; AQUINO, K. A. da S. Aprendizagem Significativa Crítica e Flexibilidade Cognitiva: diálogo metodológico através da construção e validação de uma ferramenta Flexquest para o ensino de Ecologia na educação básica. **Cadernos de Estudos e Pesquisa na Educação Básica**, v. 3, n. 1, p. 35–51, 2017.

OLIVEIRA, J. A. B.; AQUINO, K. A. da S. **FlexQuest como Promotora de Aprendizagem Significativa no Ensino das Ciências Ambientais na Educação Básica**. Anais do IV Congresso sobre Tecnologias na Educação. Anais...SBC, 2019b.

OLIVEIRA, J. A. B.; AQUINO, K. A. da S. **Flexibilidade Cognitiva com aporte tecnológico para a promoção de uma aprendizagem significativa e crítica na educação básica**. Anais do VI Congresso sobre Tecnologias na Educação. Anais...Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021.

OLIVEIRA, J. A. B.; AQUINO, K. A. da S.; CAVALCANTE, P. S. **Estratégias com Aporte Tecnológico para Promoção da Aprendizagem Significativa Crítica no Ensino de Ciências**. Anais do V Congresso sobre Tecnologias na Educação. Anais...SBC, 2020.

PAULO, I. J. C. Aprendizagem significativa: uma teoria para a sala de aula e sua perspectiva paradigmática. **Espaço pedagógico**, v. 29, n. 2, p. 417–443, 2022.

PEDRO, L. F. M. G. **A construção de materiais didáticos por recurso a um hipertexto de flexibilidade cognitiva: um estudo comparativo**. [s.l.] Universidade de Aveiro (Portugal), 2005.

PESSOA, T.; NOGUEIRA, F. Flexibilidade Cognitiva nas vivências e práticas educativas: casebook para a formação de professores. Em: NASCIMENTO, A. D.; HETKOWSKI, T. M. (Eds.). **Educação e Contemporaneidade: pesquisas científicas e tecnológicas**. Salvador: EDUFBA, 2009a. p. 111–131.

PESSOA, T.; NOGUEIRA, F. Flexibilidade Cognitiva nas vivências e práticas educativas: Casebook para a formação de professores. Em: **Educação e contemporaneidade: pesquisas científicas e tecnológicas**. [s.l.: s.n.]. p. 111–131.

QUEIROZ, G. K. **Estudo de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa como possível promotora da argumentação usando a temática ligada aos elementos químicos**. Dissertação—Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2022.

REZENDE, F.; COLA, C. S. D. Hipermídia na educação: flexibilidade cognitiva, interdisciplinaridade e complexidade. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 6, n. 2, p. 1–11, 2004.

SALVADOR, C. C. **Aprendizagem escolar e construção de conhecimento**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2007.

SANT'ANNA, I. M. **Didática - Aprender a ensinar**. São Paulo: Loyola, 2011. v. 9^a

SANTOS, I. G. DE S. **FlexQuest: Uma plataforma Web 2.0 para o desenvolvimento de atividades interdisciplinares visando a promoção de flexibilidade cognitiva**. Tese de Doutorado—[s.l.] Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2016.

SILVA, C. J. *et al.* **Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de morfologia vegetal na educação básica**. Anais do V Congresso Nacional de Educação. Anais...2018.

SILVA, C. J. ; CARVALHO, H.; AQUINO, K. A. da S. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para O Estudo da Água e Poluição na perspectiva da Educação Ambiental Crítica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 4, n. 2, p. 993–1017, 1 mar. 2021.

SILVA, V. F. *et al.* **Construção de conceitos sistêmicos através de jogos em busca da flexibilidade cognitiva**. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/30458571/FREITAS_et_al.__ENPEC_2011-libre.pdf?1391775125=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DConstrucao_de_conceitos_sistemicos_atrav.pdf&Expires=1684977745&Signature=TtfDhZMvSZjW0XR~611V3--M~hyXdfDmUorpswXe7vBjC-qqApA6LupXSwmyn8RF7o5yhf-d5W9BOOAitqcZ-KUsh31OAAWEdLug0LZz8SWzhIM6JXs3TRNmZe0wvxRIArSXsrxvR~RC5rrze8aTnmMvemKbM4EOPt2F7Es6KriZVJMRCP~X1d06XUS3oBQO1PBQ87FAa2-shbyPXkhQBcWCn416~9kPW3YT3O6ogcc2d8BxDQljrPkQ~oMHDPOdw~mDgOhkSN08AEaZN5Py0Dfxgn61LrS5LU5vekrgn7UeNHRrTLYbuBIv97DWaEVD~plXJegFNIH2Z8082-E0w__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA>. Acesso em: 23 maio. 2023.

SILVA, I. G. de S. S.; CARNEIRO-LEÃO, M. B.; SOUZA, F. N. Plataforma FlexQuest®: uma estratégia didática para a promoção de flexibilidade cognitiva e interdisciplinaridade com recursos Web 2.0. **Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informação**, n. E4, p. 35–49, 2015.

SILVA, I. G. de S. S.; CLEOPHAS, M. DAS G. Uma proposta de trabalho interdisciplinar sobre a água : o caso da flexquest “o fluido da vida”. **Enseñanza de las ciencias**, n. Extra, p. 4949–4954, 2017.

SILVA, J. da C. S.; AMARAL, E. M. R. Uma análise de estratégias didáticas e padrões de interação presentes em aulas sobre equilíbrio químico. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 3, p. 985–1009, 2017.

SOUZA, F. N.; LEÃO, M. B. C.; MOREIRA, A. **Elementos estruturadores de uma WebQuest flexível (FlexQuest)**. Actas do Encontro sobre WebQuest. **Anais...Braga: CIEd Braga**, 2006.

SPIRO, R. *et al.* Cognitive Flexibility Theory: hypermedia for complex learning, adaptive knowledge application, and experience acceleration. **Educational Technology**, v. 43, n. 5, p. 5–10, 2003.

SPIRO, R. J. *et al.* Cognitive flexibility and transfer in complex content domains. Em: BRITTON, B. C.; GLYNN, S. M. (Eds.). **Executive control in processes in reading**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1987. v. 143p. 177–199.

SPIRO, R. J. *et al.* Cognitive flexibility theory: Advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. **Center for the Study of Reading Technical Report**, n. 441, p. 1–13, 1988.

SPIRO, R. J. *et al.* Knowledge representation, content specification, and the development of skill in situation-specific knowledge assembly: Some constructivist

issues as they relate to cognitive flexibility theory and hypertext. **Educational technology**, v. 31, n. 9, p. 22–25, 1991.

SPIRO, R. J.; FELTOVICH, M. J.; COULSON, R. L. Cognitive flexibility, constructivism, and hypertext: Random access instruction for advanced knowledge acquisition in ill structured domains. Em: DUFFY T M; JONASSEN, D. H. (Eds.). **Constructivism and the Technology of Instruction: A Conversation**. Hillsdale: Erlbaum, 1992. p. 57–75.

SPIRO, R. J.; JEHNG, J.-C. Cognitive flexibility and hypertext: Theory and technology for the nonlinear and multidimensional traversal of complex subject matter. Em: **Cognition, education, and multimedia: Exploring ideas in high technology**. Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 1990. p. 163–205.

STILBORNE, L.; HEIDE, A. **Guia do professor para a Internet: Completo e fácil**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

VIDMAR, M. P. **Atividades didáticas de Física mediadas por hipermídia: potencialidades para o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva**. Tese—[s.l.] Universidade Federal de Santa Maria, 2017.

VIDMAR, M. P.; SAUERWEIN, I. P. S. Flexibilidade Cognitiva no Ensino de Ciências: Uma Revisão Bibliográfica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 1, p. 19–173, 2021.

WIEMAN, C. Transformation Is Possible If a University Really Cares. **Science**, v. 340, p. 292–296, 2013.