



## IDENTIFICAÇÃO DE SUBSUNÇORES A PARTIR DE ANÁLISE QUALITATIVA BASEADA EM LÓGICA DIFUSA

Olavo Leopoldino da Silva Filho and Marcello Ferreira  
*Instituto de Física, Centro Internacional de Física, Universidade de Brasília,  
Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília, DF, CEP 70900000*

Michel Corci Batista  
*Departamento de Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Via Rosalina Maria dos Santos, 1233, Campo Mourão - CEP 87301899*

Ana Bárbara da Silva Nascimento  
*Colegio Everest Internacional - Brasília, SHIS QI 19,  
Chácara 18 - Lago Sul, Brasília-DF, CEP: 71655-730*

A avaliação automatizada na Educação tem se valido intensivamente do modelo de Teoria da Resposta ao Item (TRI) nas últimas décadas. A TRI se constitui em modelo estatístico quantitativo para avaliação de conhecimentos efetivos dos estudantes. Nela, os escores dos estudantes são comparados com escores definidos por pré teste dos itens do instrumento de avaliação. A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) preconiza quatro etapas no processo de ensino: uma etapa inicial, relacionada ao levantamento de conhecimento prévio (subsunçores) de cada aluno, uma etapa de organização avançada, que busca organizar os subsunçores levantados, uma etapa de diferenciação progressiva dos conceitos que se deseja ensinar e a etapa de reconciliação integradora. A etapa de levantamento de subsunçores é essencial para o bom andamento da aplicação da TAS no ensino. Entretanto, trata-se de um processo para o qual avaliações quantitativas como a TRI não são adequadas, pois a subsunção se refere ao momento em que os conceitos ainda não estão sedimentados na estrutura cognitiva do estudante – estão, pois, difusamente estabelecidos. A Lógica Difusa passa a ser, então, uma possibilidade natural e efetiva de avaliação qualitativa automatizada dos estudantes, uma vez que é capaz de acessar conceitos ainda não efetivamente estabilizados na estrutura cognitiva destes estudantes. Ademais, a modelagem difusa é facilmente implementada computacionalmente. Este trabalho apresenta um esquema geral de modelagem difusa para o problema do levantamento dos subsunçores de estudantes de modo a superar as dificuldades apontadas. Essa modelagem já foi implementada computacionalmente e já se encontra em uso, mostrando que a abordagem qualitativa difusa do problema é plenamente satisfatória para situações de levantamento de subsunçores.

Keywords: Aprendizagem Significativa; Subsunção; Lógica difusa; Teoria da Resposta ao Item.

### I. INTRODUÇÃO

A avaliação em Educação tem sido, nas últimas cinco décadas, circunscrita por métodos estatísticos relacionados à Teoria de Resposta ao Item (TRI)<sup>Note1</sup>. Em sua natureza quantitativa, as respostas de determinado <sup>Note2</sup> em um teste recebem escores comparáveis

com análogas, que são utilizados para se proceder à parametrização dos itens presentes na avaliação. Busca-se, pois, quantificar o conhecimento dos respondentes, uma variável latente, a partir de comportamentos explícitos, classificados segundo uma matriz de habilidades e competências. Predominantemente, esse tipo de abordagem busca mensurar características cognitivas de mesma natureza a partir de uma clara noção

<sup>Note1</sup> Versão deste artigo encontra-se submetida para a integração, como capítulo, de livro que abordar a metodologias de pesquisa. A presença nas duas publicações esta acordada entre os respectivos editores.

<sup>Note2</sup> Em momentos distintos deste artigo, aparecerão as expressões “examinando” e “estudante”, nunca como sinônimos. A primeira – em

oposição à segunda – se refere a um indivíduo submetido a processo avaliativo independentemente de instrução associada. A expressão “indivíduo” também toma lugar quando há o interesse de abordar abstratamente o portador orgânico de uma estrutura cognitiva e das relações consequências com a tese de avaliação cognitiva de que aqui tratamos.

de equivalência material entre o construto e o comportamento dele derivado, tanto mais independentemente quanto possível para que se possa replicá-la a casos homólogos. Essa mesma equivalência, em dada base referencial, deve garantir que escores entre avaliações distintas sejam intercambiáveis e simétricos.

Dessa abordagem decorre a implementação computacional da Testagem Auxiliada por Computadores (CAT, na sigla em Inglês) que é um método adaptativo, no qual o sistema computacional ajusta a sequência dos itens dispensados ao examinando em função dos acertos ou erros havidos em referência a itens previamente parametrizados. Esse tipo de avaliação tem a vantagem de permitir a personalização da testagem, na medida em que a sequência temporal de itens dispensados será específica para cada examinando em função de conhecimentos já estabilizados na respectiva estrutura cognitiva<sup>Note3</sup>. O resultado dessa sequência temporal de itens liberados é a convergência dos itens quanto aos seus graus de dificuldade, indicando a proficiência naquele tópico.

Métodos assim apresentam importante capacidade de operacionalização em situações em que a aplicação dos testes se dá, idealmente, *posteriormente* ao ensino dos conteúdos a serem avaliados. Essa, entretanto, não é a única situação no ensino em que pode ser relevante (e até mesmo crucial) conhecer a estrutura cognitiva dos estudantes por meio de aplicação de testes, em particular testes automatizados por computador na área de Física [1, 2].

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), proposta por David Ausubel na década de 1960 [1–4], estabelece para o processo de ensino e aprendizagem quatro grandes momentos, ou estágios, a saber: (a) levantamento de subsunçores (ou conhecimentos prévios); (b) organização avançada desses conhecimentos prévios; (c) diferenciação progressiva dos conceitos que se deseja ensinar e (d) reconciliação integradora desses conceitos.

Os dois primeiros estágios *não se referem a conhecimento estabilizado* na estrutura cognitiva, entendendo a estabilização quando os conceitos envolvidos adquirem clareza e adequada delimitação semântica. São, de fato, preparatórios para que se busque, posteriormente, essa clareza e delimitação semântica com a aplicação dos dois estágios finais: o de diferenciação progressiva,

de caráter analítico, que procura diferenciar os conceitos, dando-lhes contornos específicos, evitando confusões com outros conceitos que possam ser semanticamente similares; e o de reconciliação integradora, por sua vez, que possui caráter sintético, e busca pôr novamente em contato os vários conceitos já diferenciados na reconstituição de conhecimentos mais articulados entre si.

Ressalta-se a importância dos dois primeiros estágios, ditos aqui preparatórios, para a viabilização de uma aprendizagem significativa na formulação ausubeliana [4]. A razão para isso é que, na TAS, a aprendizagem de conceitos é dita significativa se é possível *ancorar* os novos aos pré-existentes na estrutura cognitiva. Assim, um mapeamento inicial dessa estrutura cognitiva, *tendo em vista o que se deseja ensinar*, é absolutamente necessário dentro dessa abordagem.

Ocorre que, praticamente por definição, a estrutura cognitiva de indivíduos quando ainda não foram expostos aos conceitos que se deseja ensinar tem por característica precípua o fato de ser eivada do que chamaremos aqui de difusividade conceitual, entendendo essa nomenclatura como referindo-se a característica desses conceitos de: (a) não serem ainda os que se deseja ensinar, embora relacionados àqueles então presentes na estrutura cognitiva; (b) serem conceitos com contornos semânticos pouco definidos, isto é, aqueles ainda não ainda não estabilizados e que não distinguem, *mutatis mutandis*, o que o conceito é, sobretudo, aquilo que ele não é.

Para esse tipo de situação, não parece fazer sentido aplicar o método da TRI, ou sua automação pela CAT. É preciso uma abordagem que acesse o nível de difusividade conceitual no processo de caracterização de *determinada* estrutura cognitiva, que é particular em razão de experiências, vivências e representações singulares ao indivíduo.

É nesse contexto que se pode voltar as atenções para a Lógica Difusa, e suas aplicações na caracterização precisamente desse tipo de situação [5]. Assim, por exemplo, um estudante, confrontado com uma afirmação acerca de determinado conceito, pode *não estar muito certo* de sua veracidade (isto é, uma difusividade relacionada com a segurança quanto aos contornos semânticos do conceito). Da mesma maneira, a referida afirmação acerca do conceito pode ser considerada *muito importante* pelo agente da instrução, tendo em vista o sucesso da aprendizagem que se seguirá (nas etapas seguintes dos conceitos que se deseja efetivamente ensinar); neste caso, trata-se de uma difusividade da parte do avaliador – conceitos como “muito” ou “pouco” são claramente difusos. Por todas essas razões, a aplicação dessa metodologia é tipicamente *qualitativa*, em contraste com a abordagem quantitativas da TRI. O resultado que se busca é, tipicamente, aduzir se o estudante, relativamente ao conceito apresentado, um subsunçor, tem dele uma compreensão “muito alta”, “alta”, “média”, “baixa” ou “muito baixa”.

<sup>Note3</sup> Adotamos aqui, simplificada e operacionalmente, a noção de estrutura cognitiva como o suporte ao que, apropriadamente, se poderia denominar de uma visão de mundo, particular ao indivíduo e que possibilita a sua interpretação e ação numa dada realidade (ainda que esta, mesmo no âmbito da filosofia, se situe em uma zona de definições bastante complexa). Uma estrutura cognitiva não corresponde a um dispositivo de objetos conceituais homogêneos e de representação coerente. De fato, indivíduos aportam formulações conceituais, proposições, representações e mesmo teorias completas que podem ser contraditórias entre si e que provocam dissonâncias cognitivas. Essa estrutura, tal como a concebemos, é tanto mais consistente quanto potente em suas ferramentas de interpretação.

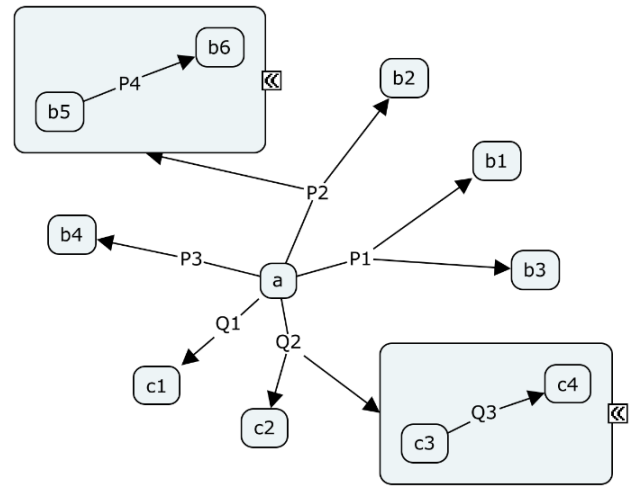
Essa caracterização é crucial para a aplicação aqui proposta. Assim, este trabalho busca desenvolver uma metodologia de aplicação da Lógica Difusa ao estágio de levantamento de subsunçores da TAS, de modo a automatizar computacionalmente este estágio, preservadas as suas dimensões qualitativas. Esta etapa, vale ressaltar, é fundamental à aprendizagem significativa em Física – ademais, um campo do conhecimento de natureza abstrata, empírica e fundado em linguagem matemática e que, portanto, faz recursos recorrentes a processos de subsunção cognitiva, como a concebemos, de maneira difusa.

II. MODELAGEM DIFUSA

Conceitos podem ser encarados como nós em uma complexa rede de significados interligados, como em um grafo ou mapa conceitual. Neste grafo, as arestas que ligam dois nós estabelecem entre estes uma relação predicativa do tipo básico  $P(a,b)$ , em que  $P$  é o predicado,  $a$  o conceito sendo estabelecido e  $b$  os conceitos que servem para delimitar parcialmente o conceito  $a$  (em geral,  $b$  pode ser, ele mesmo uma relação predicativa). Assim, *delimita-se conceitualmente* um conceito  $a$  oferecendo uma sequência de relações predicativas do tipo  $P_1(a,b_1); P_2(a,b_2); \dots; P_n(a,b_j)$  que estabelecem o que o conceito  $a$  é, ou a quais conceitos se relaciona, mas também oferecendo-se uma sequência de relações predicativas do tipo  $Q_1(a,c_1); Q_2(a,c_2); \dots; Q_k(a,c_m)$  que estabelecem o que o conceito  $a$  não é. Evidentemente, um conceito “não é” uma infinidade de coisas (uma laranja não é um coelho ou um avião), mas ele “não é” apenas um conjunto finito de coisas de forma *relevante* (no ensino sobre frutas, uma laranja não é uma pêra, mas também não é muito doce). Assim, por óbvio, o que um conceito *não é* está determinado pelo campo semântico estabelecido por aquilo que se deseja ensinar.

As vinculações predicativas  $P_n(a,b_j), n=1..N, j=1,..,J$  e  $Q_k(a,c_m), k=1,..,K, m=1..M$  formam os *contornos conceituais* do conceito  $a$  e podem ser representadas pelo grafo, rede ou mapa conceitual como exemplificado na Figura 1. Na Figura 1, temos uma estrutura de subgrafo do tipo  $G=\{P_1(a,b_1), P_1(a,b_3), P_2(a,b_2), P_2(a,P_4(b_5,b_6)), P_3(a,b_4), Q_1(a,c_1), Q_2(a,c_2), Q_2(a,Q(c_3,c_4))\}$  relacionado apenas ao conceito  $a$  e os conceitos que estabelecem seu contorno semântico. Temos, idealmente, uma situação como a mostrada na Figura 1.

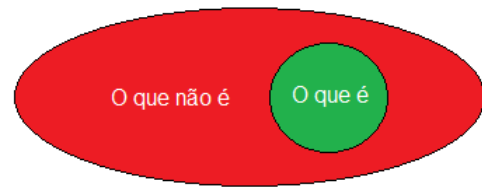
**Figura 1** - Subgrafo representando os contornos conceituais do conceito  $a$ , estabelecido pelos conceitos  $b_j$  e  $c_m$  e os vínculos posicionais  $P_n$  e  $Q_k$ .



Fonte: Elaboração própria (2023).

A situação ideal, em que os contornos que delimitam um conceito em função do que ele é e do que ele não é são muito bem estabelecidos, como mostrada na Figura 2, costuma ser rara, em geral, e, em particular, ainda mais inesperada nas situações de subsunção.

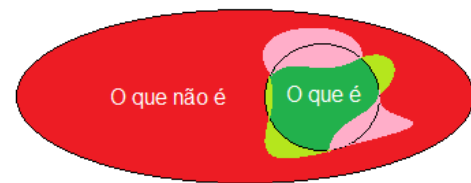
**Figura 2** - Situação ideal da delimitação de um conceito em função do que ele é e do que ele não é.



Fonte: Elaboração própria (2023).

O que se tem, do ponto de vista da estrutura cognitiva, é algo como o mostrado na Figura 3. Nela, representam-se as eventuais confusões entre o que o conceito é e o que ele não é, além da característica importante do grau de confiança que o estudante tem acerca dessas caracterizações (cores mais claras). Isto é, na representação de grafo, as vinculações predicativas vêm acompanhadas de certo *grau de confiança* quanto à existência da referida vinculação.

**Figura 3** - Situação concreta em uma situação relacionada à etapa de levantamento dos subsunçores acerca de determinado tema que se deseja ensinar.



Fonte: Elaboração própria (2023).

A noção de grau de confiança é, evidentemente, uma *variável difusa* que tem origem na estrutura cognitiva

de um indivíduo [5]. Além disso, em uma rede ou grafo conceitual, como o apresentado na Figura 1, as vinculações predicativas  $P_n$  ou  $Q_k$  podem ser mais ou menos relevantes para o que se deseja ensinar, sendo a atribuição desses *graus de importância* uma responsabilidade do professor. Tal atribuição não apenas é subjetiva, como também carrega a característica claramente de *variável difusa*. Ao menos em uma primeira aproximação, essas são as duas variáveis difusas que podem estabelecer a difusividade do conhecimento existente na estrutura cognitiva de um estudante e formam as duas variáveis difusas independentes do modelo: chamaremos de ME (marcação do estudante) a variável que fornece o grau de confiança do estudante, e IA (importância da alternativa) a variável que fornece o grau de importância, para o que se deseja ensinar, daquele vínculo predicativo.

Portanto, o processo de se delimitar um conceito a partir do que ele é ou do que ele não é, como na Figura 3, constitui-se em acessar suas propriedades conceituais nucleares (CN), que representam aquilo que ele é, assim como aquelas conceituais periféricas (CP), que representam aquilo que ele não é (relevantemente), como indicado na Figura 1. Para essa etapa de modelagem conceitual, itens avaliativos com discriminação de verdadeiro ou falso são particularmente interessantes.

Faz-se necessário ressaltar que o grau de importância de cada afirmação/item é subjetivo e seu processo de validação deve contar com a expertise de especialistas e professores, além de análises semânticas e calibração com grupos focais com características representativas do conjunto a que se destinará.

A partir da constituição das duas variáveis difusas – ME (marcação do estudante) e IA (importância da alternativa) – pode-se, atribuir um domínio de variação  $[-1; 1]$ , sendo que valores no intervalo  $[-1; 0]$  representam o grau de confiança do estudante sobre o que o conceito *não é*, enquanto que valores no intervalo  $[0; 1]$  representam o grau de confiança do estudante sobre o que o conceito *é*. Da mesma forma, valores de IA no intervalo  $[-1; 0]$  representam a importância que o professor atribui àquele vínculo proposicional que estabelece o que o conceito *não é*, enquanto que valores de IA no intervalo  $[0; 1]$  representam a importância que o professor atribui àquele vínculo proposicional que estabelece o que o conceito *é*. Veja que é possível a um aluno ter grande convicção do que um conceito é (e.g.  $ME=0,9$ ), mas o vínculo predicativo ser considerado pelo professor muito importante, porém indicando o que o conceito não é (e.g.  $IA=-0,9$ ). Tal combinação tem que ser vinculada a um baixo conhecimento do estudante de um vínculo proposicional importante sobre o que o conceito não é.

Como resultado dessas variáveis e de seus graus difusos, a compreensão do que o conceito é, e do que ele não é, também se torna difusa. Vamos chamar de CN (conceito nuclear) a variável que corresponde ao que o conceito é e CP (conceito periférico) a variável que cor-

responde ao que o conceito não é. Assim, CN e CP são variáveis difusas dependentes do modelo, ambas variando no intervalo  $[0; 1]$ . Note ainda que se  $IA > 0$ , temos um contexto de análise de CN e se  $IA < 0$ , temos um contexto de análise de CP.

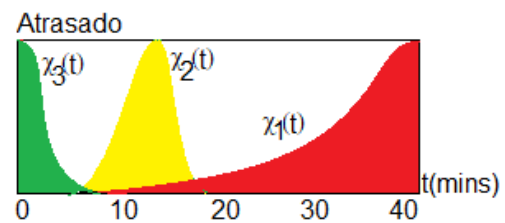
Um exemplo de *regra semântica*, claramente qualitativa, que pode ser estabelecida para tais variáveis é: “Se o estudante X marcou com grande convicção que o conceito  $a$  é  $b$ , mas o professor marcou com grande importância que o conceito  $a$  não é  $b$ , então o conhecimento de X sobre o vínculo  $a$  não é  $b$  é muito baixo”.

Até aqui, vimos estabelecendo as intuições e modelagem do sistema. Passamos, na próxima seção, à definição de um sistema difuso (*fuzzy*) e à lógica difusa que a ele se pode aplicar, o que pode ser encontrado de maneira mais detalhada em Silva Filho e Ferreira (2022).

### III. ESTRUTURA FORMAL

A estrutura formal do modelo é estabelecida a partir da Lógica Difusa, que, por sua vez, se estabelece a partir da noção de *conjuntos difusos*. Um conjunto pode ser escrito simplesmente como  $A=\{1,2,3\}$  que nos diz que os elementos 1, 2 e 3 certamente pertencem ao conjunto A, enquanto que os elementos 4, 5, ... certamente não pertencem. Um conjunto difuso se estabelece a partir dessa ideia, mas ajuntando a cada elemento do conjunto uma *função de pertinência*  $\chi_A(1)$ ,  $\chi_A(2)$ ,  $\chi_A(3)$  que dá o grau pelo qual os elementos 1, 2 e 3, respectivamente, pertencem ao conjunto A. Assim, o conjunto A, agora feito difuso, fica dado por  $A_D = \{ (1; \chi_A(1)), (2; \chi_A(2)), (3; \chi_A(3)) \}$  (p. Ex.  $A_D = \{(1; 0,8), (2; 0,3), (3; 0,4)\}$  que indica que “1 pertence a  $A_D$  com ‘grau’ 0,8” etc.) As funções de pertinência são o elemento principal da abordagem por lógica difusa. Na Figura 4, apresentamos três funções de pertinência que representam as situações “pouco atrasado” (verde), “medianamente atrasado” (amarelo) e “muito atrasado” (vermelho).

Figura 4. Três funções de pertinência indicando graus de atraso



Fonte: Elaboração própria (2023).

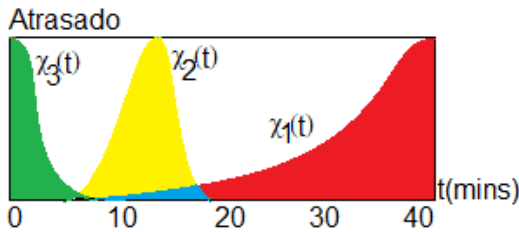
As operações entre conjuntos difusos podem ser definidas a partir de operações entre as funções de pertinência. Assim, a união entre dois conjuntos difusos  $A_D$  e  $B_D$  (representando o “ou lógico = V”) é realizada tomando-se, para cada elemento, o *máximo* dentre as funções de pertinência; a interseção (representando o

“e lógico = &”) é realizada tomando-se, para cada elemento, o *mínimo* dentre as funções de pertinência e o complementar (representando o “não lógico = ~”) é realizado tomando-se, para cada elemento do conjunto A, a função de pertinência dada por  $\chi_{C(A)} = 1 - \chi_A$  deste elemento<sup>Note4</sup>.

Na Figura 5 apresentamos a operação “e lógico” entre “medianamente atrasado” e “muito atrasado”. Praticamente todas as propriedades dessas operações lógicas são equivalentes para conjuntos difusos como o são para conjuntos *sharp* (usuais).

O modelo formal exige que montemos *inferências difusas*, que se traduz meramente na implicação lógica (difusa) entre os conjuntos difusos associados. Tais inferências difusas são ditas as *regras semânticas* do modelo. No modelo construído, temos seis funções de pertinência para as variáveis difusas ME e IA, representadas pelas funções na Figura 6a, chamadas de AP(=alto positivo, MP(=médio positivo, BP(=baixo positivo, AN(=alto negativo, MN(=médio negativo e BN(=baixo negativo; na Figura 6b temos quatro funções de pertinência para as variáveis difusas CN e CP: MA(=muito alto, A(=alto, M(=médio, B(=baixo, MB(=muito baixo.

**Figura 5.** A operação de “e lógico” entre as funções de pertinência “medianamente atrasado” e “muito atrasado” representada pela área azul.

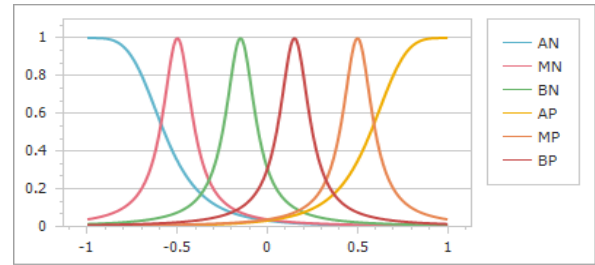


Fonte: Elaboração própria (2023).

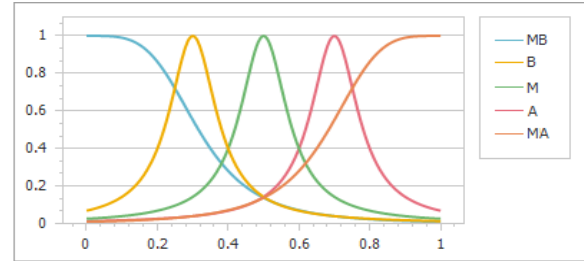
A regra semântica apresentada na seção anterior pode ser escrita, com as funções apresentadas na Figura 6. Se o estudante X marcou com grande convicção que o conceito a é b, mas o professor marcou com grande importância que o conceito a não é b, então o conhecimento de X acerca do vínculo a não é b é muito baixo = AP(ME) & AN(IA) -> MB(CP).

**Figura 6.** As funções de pertinência para as variáveis difusas do problema. A Figura 6a se refere às funções de pertinência de ME e IA, enquanto a Figura 6b se refere às funções de pertinência das variáveis difusas CN e CP.

<sup>Note4</sup> Como se sabe, os outros operadores lógicos proposicionais podem ser obtidos dos operadores “e”, “ou” e “não”. A implicação lógica (p -> q), por exemplo, pode ser escrita como (~ p V q).



(a)

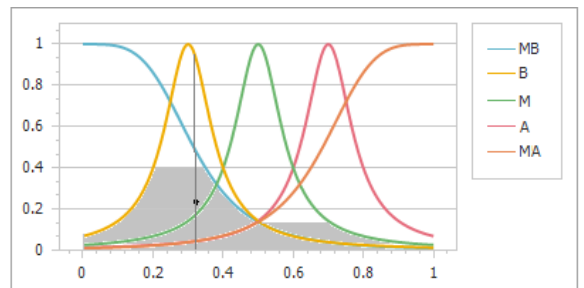


(b)

Fonte: Elaboração própria (2023).

A aplicação das regras semânticas gera um conjunto difuso (como mostrado na Figura 5), tipicamente como o mostrado na Figura 7.

**Figura 7.** Representação esquemática de resultado da aplicação das regras semânticas para uma situação específica. A área hachurada representa o resultado final; o ponto representa o baricentro da área hachurada. A função de saída com maior valor



Fonte: Elaboração própria (2023).

Tal resultado não fornece resposta única. Assim, é preciso passar pelo processo de *defuzzificação*, pelo qual se traduz a área hachurada da Figura 7 em um único ponto. Isso é feito tomando-se o baricentro da área hachurada (mostrado na Figura 7 como um ponto). A partir desse ponto x (que pode representar CN ou CP), calculam-se as funções MA(x), A(x), M(x), B(x), MB(x) e aquela que apresentar o maior valor, representará o valor *defuzzificado*. Para o exemplo da Figura 7, obteríamos que o conhecimento (nuclear – se for x = CN – ou periférico – se for x = CP) do estudante acerca do conceito é “baixo”.

#### IV. INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO

O instrumento de avaliação para o levantamento dos subsunçores consiste em um questionário com tantos itens quantos forem as relações proposicionais existentes. Cada item deve explorar, em suas alternativas, as várias facetas do conceito alvo. Cada alternativa, portanto, deve ser criada na forma (IA = valor1) Texto do Item, em que valor1 deve estar no intervalo  $[-1; 1]$ , e o estudante (que não vê o valor de IA) deve marcar (ME = valor2) Texto do Item, em que valor 2 também deve estar no intervalo  $[-1; 1]$ . Com o sinal de IA o professor indica se o item é verdadeiro (IA > 0 -> CN) ou falso (IA < 0 -> CP), e o valor numérico indica se a importância da alternativa é alta etc. Com o sinal de ME o estudante indica se considera o item verdadeiro (ME > 0) ou falso (ME < 0). Cada alternativa receberá um valor *defuzzificado* indicando o grau de conhecimento do aluno a respeito do vínculo predicativo que ela veicula. O conjunto desses valores *defuzzificados* representará formalmente o que está apresentado, esquematicamente, na Figura 3, isto é, uma apreciação qualitativa do grau de conhecimento do estudante relativamente ao conceito abordado.

#### V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Métodos tradicionais de aferição de conhecimentos, como a TRI ou a avaliação usual, não parametrizada, são largamente usados, mas têm aplicabilidade a conhecimentos supostamente já estabilizados na estrutura cognitiva do examinando (idealmente).

A abordagem da TAS estabelece critérios para que uma aprendizagem possa ser verdadeiramente qualificada como significativa. Um desses critérios é que os novos conceitos (a serem aprendidos) possam ser ancorados em conceitos presentes na estrutura cognitiva, os chamados subsunçores. Assim, esse referencial teórico exige que se cumpra uma etapa preparatória relativa ao levantamento desses subsunçores de *cada indivíduo*.

Nesse tipo de situação, o conhecimento é ainda difuso, pouco claro e o examinando se mostra relativamente inseguro quanto a ele – cada qual a seu próprio modo. Assim, métodos tradicionais não se evidenciam adequados para o levantamento dos subsunçores dos estudantes. Uma alternativa – como a que aqui sucintamente propusemos – é aplicar noções de Lógica Difusa como meio de acesso a esses conhecimentos, uma vez que tal lógica respeita o caráter equivalentemente difuso do objeto.

Este processo foi efetivamente implementado em um sistema computacional que já está sendo usado para o levantamento de subsunçores de estudantes no campo das ciências naturais, em particular de Física, utilizando, para tanto, do instrumento das WebQuests<sup>Note5</sup>. Os resultados obtidos por Ferreira *et al.* [1] e Silva Filho e Ferreira [5] têm se mostrado promissores e indicam a possibilidade de se desenvolver métodos analogamente qualitativos para a etapa de organização avançada, fazendo assim uma completa automatização das etapas preparatórias da TAS. Tais métodos voltados para a etapa de organização avançada estão sendo objeto de investigação atualmente e já se revelam promissores, motivo pelo qual serão brevemente descritos e discutidos em publicações que buscarão dar continuidade a esta.

- 
- [1] M. Ferreira; D.X.P. Nogueira; O.L. Silva Filho; M.R.M. Costa; J.J. Soares Neto. A webquest como proposta de avaliação digital no contexto da aprendizagem significativa crítica em ciências para o ensino médio. *Pesquisa e Debate em Educação*, 2022.
- [2] O.L. Silva Filho; M. Ferreira. Webquests como recurso instrucional e avaliativo em física baseado na teoria da aprendizagem significativa. *Revista de Enseñanza de la Física*, 35(1):63–75, 2023.
- [3] O.L. Silva Filho; M. Ferreira. Teorias da aprendizagem e da

- educação como referenciais em práticas de ensino: Ausubel e Lipman. *Revista do professor de Física*, 2(2), 2018.
- [4] O.L. Silva Filho; M. Ferreira; A.M.M. Polito; A.L.M.B. Coelho. Normatividade e descritividade em referenciais teóricos na área de ensino de física. *Pesquisa e Debate em Educação*, 11(1):1–e32564, 2021.
- [5] O.L. Silva Filho; M. Ferreira. Modelo teórico para levantamento e organização de subsunçores no âmbito da aprendizagem significativa. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 44, 2022.

---

Note5 Ver: <https://thewebquest.net/thewebquest/>.