

CONTRIBUIÇÕES DO USO DE UMA FERRAMENTA DIGITAL NO PROCESSO DE MAPEAMENTO ESTRUTURAL DE ANALOGIAS

CONTRIBUTIONS OF THE USE OF A DIGITAL TOOL IN THE STRUCTURAL MAPPING PROCESS OF ANALOGIES

CONTRIBUCIONES DEL USO DE UNA HERRAMIENTA DIGITAL EN EL PROCESO DE MAPEO ESTRUCTURAL DE ANALOGÍAS

Wilbert Viana Barbosa¹, Alexandre da Silva Ferry², Tiago Rodrigues dos Santos³

RESUMO

As analogias são comparações comumente utilizadas na sala de aula, e a recorrência a elas ocorre quase sempre de forma espontânea, isso devido à sua forte presença na cognição humana. A utilização desses recursos em contextos de ensino pode trazer diversas contribuições para a aprendizagem, porém, quando mal utilizados, podem provocar o contrário. Assim, a partir do uso de uma ferramenta digital que favoreça a análise das analogias, este trabalho buscou compreender as ideias, percepções e opiniões de professores pesquisadores acerca da análise de analogias por intermédio dessa ferramenta digital que foi concebida a partir da Teoria do Mapeamento de Estruturas de Gentner e dos padrões de codificação de correspondências mapeadas ou mapeáveis em uma analogia sugeridos por Ferry. Os dados levantados permitiram identificar, na visão dos participantes, diversas contribuições da ferramenta para o campo de estudo das analogias.

PALAVRAS-CHAVE: Analogia. Informática e educação. Métodos de ensino.

ABSTRACT

Analogies are comparisons commonly used in the classroom and their recurrence almost always occurs spontaneously, due to their strong presence in human cognition. The use of these resources in teaching contexts can bring several contributions to learning, however, when misused, they can cause the opposite. Thus, from the use of a digital tool that favors the analysis of analogies, this work sought to understand the ideas, perceptions and opinions of research professors about the analysis of analogies through this digital tool that was conceived from the Structure-mapping Theory of Gentner and coding patterns of mapped or mappable correspondences in an analogy suggested by Ferry. The collected data made it possible to identify several contributions of the tool to the field of studies of analogies in the view of the participants.

KEYWORDS: Analogy. Computing and education. Teaching methods.

¹ Mestre em Educação Tecnológica – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) – Professor de Sistemas de Informação – Centro Universitário Doctum de Teófilo Otoni (UniDoctum). Teófilo Otoni, MG – Brasil. **E-mail:** wilbertviana@gmail.com

² Doutor em Educação – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Coordenador do Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Belo Horizonte, MG – Brasil. **E-mail:** alexandreferry@cefetmg.br

³ Bacharel em Sistemas de Informação – Centro Universitário Doctum de Teófilo Otoni (UniDoctum). Teófilo Otoni, MG – Brasil. **E-mail:** trodrigues322@gmail.com

Submetido em: 05/06/2022 – **Aceito em:** 13/01/2023 – **Publicado em:** 21/02/2024

RESUMEN

Las analogías son comparaciones de uso común en el aula y su recurrencia casi siempre ocurre de manera espontánea, debido a su fuerte presencia en la cognición humana. El uso de estos recursos en contextos de enseñanza puede traer varias contribuciones al aprendizaje, sin embargo, cuando se usan mal, pueden causar lo contrario. Así, a partir del uso de una herramienta digital que favorece el análisis de analogías, este trabajo buscó comprender las ideas, percepciones y opiniones de profesores investigadores sobre el análisis de analogías a través de esta herramienta digital que fue concebida a partir de la Teoría del Mapeo de estructuras de Gentner y de los patrones de codificación de correspondencias mapeadas o mapeables en una analogía sugerido por Ferry. Los datos recolectados permitieron identificar, en la visión de los participantes, varias contribuciones de la herramienta al campo de los estudios de analogías.

PALAVRAS-CLAVE: Analogía. Informática y educación. Métodos de enseñanza.

1 INTRODUÇÃO

As analogias são comparações realizadas no campo cognitivo para se compreender objetos ou conceitos desconhecidos, normalmente abstratos, e estão presentes no cotidiano das pessoas.

Para compreender esse fenômeno, Gentner (1983) propôs a Teoria do Mapeamento de Estruturas (TME) – originalmente: *Structure-mapping Theory*, cujo objetivo era identificar os processos mentais ocorrentes na mente de um adulto enquanto interpreta uma analogia e diferenciá-la de outras comparações. Assim, no contexto da teoria, a analogia é tratada como uma comparação entre dois domínios (um domínio base, representado por um conhecimento familiar e um alvo, representado por um conhecimento a ser ensinado/investigado) por meio da qual é possível identificar sua consistência estrutural, seu foco relacional e sua sistematicidade.

Na educação, as analogias são usadas como recursos de mediação didática cuja abordagem é comumente espontânea. Contudo, estabelecer comparações entre conhecimentos diferentes nem sempre pode ser efetivo, uma vez que não há garantias de que as correspondências estabelecidas sejam mapeadas de maneira correta, carecendo, portanto, de análises mais aprofundadas, de modo a garantir que essas comparações sejam estabelecidas de forma estruturada e coerente.

Dessa forma, Ferry (2016), baseando-se na TME, propõe uma metodologia de análise denominada Mapeamento Estrutural de Analogias, a fim de evidenciar potencialidades e fragilidades dessas comparações. Esse mapeamento é um procedimento analítico realizado a partir de um padrão de codificação das correspondências mapeadas ou mapeáveis de comparações potencialmente analógicas, configurando-se como uma ferramenta de análise estrutural das analogias de modo a possibilitar: (i) a caracterização das potencialidades analógicas da comparação, permitindo a distinção de outros tipos de comparação, de acordo com a (TME); (ii) a apresentação das estruturas relacionais que compõem a comparação analógica, verificando a consistência estrutural, o foco relacional e a sistematicidade; e (iii) a

análise das potencialidades e fragilidades das comparações tomadas como analogias em contextos de ensino e de pesquisa.

A partir do mapeamento estrutural, Barbosa e Ferry (2018) desenvolveram o MAPES – Sistema para o Mapeamento Estrutural de Analogias e Modelos – que provê suporte na construção dos mapeamentos automatizando as codificações e apresentando outras informações que corroboram a análise das comparações. Contudo, com o aprimoramento do Mapeamento Estrutural de Barbosa (2019) e com o refinamento da compreensão sobre o processo de constituição do mapeamento e análise, fez-se necessária uma reconstrução do MAPES e, oportunamente, a verificação de suas possíveis contribuições para o campo de estudos de analogias e modelos em contextos de ensino e de pesquisa.

Com isso, o que se pretendeu investigar neste artigo foi como uma ferramenta tecnológica poderia contribuir para o processo de mapeamento e análise das analogias em contextos de ensino e de pesquisa na Educação. Para isso, esta pesquisa buscou evidenciar as percepções, opiniões e ideias de professores pesquisadores do campo das analogias acerca do mapeamento estrutural mediado por uma ferramenta digital, orientando-se pelos objetivos específicos: (i) compreender como os pesquisadores da área da Educação realizam o mapeamento estrutural de analogias; (ii) identificar pontos positivos no processo de mapeamento estrutural de analogias realizado via ferramenta tecnológica; e (iii) identificar dificuldades enfrentadas pelos pesquisadores ao utilizar a ferramenta tecnológica para construção do mapeamento estrutural das analogias.

Assim, a partir de uma pesquisa descritiva, este trabalho perseguiu a seguinte questão: quais contribuições uma ferramenta tecnológica, concebida para favorecer os processos de mapeamento estrutural de analogias, pode trazer para a análise estrutural desse tipo de comparação realizada por pesquisadores da área da Educação?

2 TEORIA DO MAPEAMENTO DE ESTRUTURAS

A partir da Teoria do Mapeamento de Estruturas, as analogias são compreendidas como comparações entre dois domínios, um base e um alvo, nas quais privilegiam-se as relações entre elementos (originalmente chamados de objetos) e seus atributos, e as relações de ordem superior, que impõem restrições a relações de ordem inferior. Com isso, é desenvolvida, por Dedre Gentner, em 1983, e aprimorada por Gentner e Markman (1997), a *Structure-mapping Theory*. Essa teoria surgiu no âmbito da Psicologia Cognitiva e buscava diferenciar as analogias das similaridades literais e outras comparações por meio do alinhamento de conhecimentos sobre o domínio base no domínio alvo, o qual foi denominado mapeamento de estruturas (GENTNER, 1983).

As analogias também são vistas como um mapeamento entre duas situações comparadas a partir do alinhamento de uma estrutura comum de relações similares (Gentner,

1983; Gentner e Markman, 1997; Holyoak, Gentner e Kokinov, 2001 apud Gentner e Bowdle, 2008). Desta forma, no contexto dessa pesquisa, pode-se observar que as analogias são apresentadas a partir de várias perspectivas.

Apesar da TME dar ênfase às analogias e diferenciá-las das similaridades literais, outros tipos de comparação (abstração, mera aparência e anomalia) são discutidos durante a construção da teoria, que apresenta características para distingui-las. Segundo Gentner (1983), uma analogia é uma comparação na qual predicados relacionais, porém poucos ou nenhum predicado descritivo, podem ser mapeados da base para o alvo. As analogias, portanto, ainda segundo Gentner (*idem*), assumem regras de interpretação que podem ser distinguidas das outras formas de comparação entre dois domínios, em que a sistematicidade dos predicados compartilhados versus os não compartilhados determina se uma comparação em particular é considerada analogia, similaridade literal ou aplicação de uma abstração.

O estudo das analogias e outras comparações está fortemente ligado ao mapeamento analógico – um processo que envolve um alinhamento estrutural entre duas situações comparadas e a projeção de inferências sobre o domínio a ser compreendido (FALKENHAINER, FORBUS e GENTNER, 1989; GENTNER e MARKMAN, 1997; MARKMAN e GENTNER, 1993 apud GENTNER e BOWDLE, 2008). Esse mapeamento é o cerne da TME, pois ele modela os processos cognitivos ocorridos durante a interpretação de uma comparação. Gentner e Bowdle (2008) apresentam o mapeamento como resultado de um alinhamento explícito de correspondências entre os domínios comparados, com ênfase nas correspondências relacionais. O alinhamento é condicionado por uma consistência estrutural de modo que se tenha: (1) correspondências um a um entre elementos mapeados na base e no alvo e (2) conectividade em paralelo, em que os argumentos dos predicados relacionais e dos predicados descritivos em um domínio sejam correspondentes aos argumentos similares dos predicados mapeados no outro domínio. Além disso, a seleção das correspondências no processo do alinhamento é orientada pelo princípio da sistematicidade: a correspondência de um sistema de relações conectadas por relações de ordem superior que impõem restrições a relações de ordem inferior, assim como relações causais são priorizadas no alinhamento com um número igual de correspondências independentes.

Gentner e Markman (1997) apresentam três restrições psicológicas como características fundamentais para considerar uma comparação como uma analogia propriamente dita: (1) a Consistência Estrutural, apresentada anteriormente; (2) o Foco Relacional, que se refere a uma característica típica das analogias, diferentemente das similaridades de mera aparência, que são focadas em predicados descritivos colocados em correspondência entre os domínios comparados; refere-se também à possibilidade de se mapear relações de primeira ordem e ordem superior, ou seja, relações complexas entre os elementos, atributos e entre relações de primeira ordem presentes nos dois domínios; e (3)

a Sistematicidade, que indica a existência de um sistema de relações mutuamente conectadas, em correspondência nos dois domínios, que, de certa forma, está relacionada ao poder inferencial sobre as relações pouco conhecidas no domínio alvo a partir da interconectividade das relações conhecidas no domínio base. Assim, para uma comparação ser considerada uma analogia, segundo esse referencial teórico, ela deve atender a essas três restrições evidenciadas por meio do seu mapeamento estrutural.

3 MAPEAMENTO ESTRUTURAL

O termo “Mapeamento Estrutural” aparece tanto nos trabalhos de Gentner quanto nos de Ferry, e pode ser considerado como a materialização da interpretação de uma analogia. Nos trabalhos de Gentner, o mapeamento estrutural se configura como um alinhamento estrutural entre duas situações comparadas e a projeção de inferências sobre o domínio a ser compreendido. Já nos trabalhos de Ferry (2016 e 2018; FERRY e PAULA, 2017), o mapeamento estrutural é caracterizado por um quadro analítico, construído a partir de um padrão de codificação (quadro 1), que é resultado do alinhamento estrutural descrito por Gentner (1983).

Esse padrão passou por diversas atualizações à medida que a compreensão sobre a TME foi se aprofundando. Em Ferry e Paula (2015), o mapeamento estrutural é apresentado considerando apenas os Elementos, seus Atributos e as Relações de primeira ordem e de ordem superior. Em Ferry (2016) e Ferry e Paula (2017), a partir do aprofundamento do entendimento sobre as diferenças alinháveis e não alinháveis, o padrão de codificação deixa mais explícitas as diferenças e limitações percebidas no mapeamento das correspondências, porém, sem distingui-las. A partir de uma compreensão da distinção entre diferenças alinháveis e limitações, em Ferry (2018), o padrão de codificação passa a apresentá-las de forma distinta: passou-se a utilizar a letra D, acompanhada do código de alguma correspondência anterior, para codificar as diferenças alinháveis, e a letra L, acompanhada de um código inédito, para indicar as limitações mapeadas. Além disso, em Barbosa e Ferry (2018) e Ferry (2018), o sistema de notações apresenta uma explicação mais clara da diferença entre as relações de primeira ordem, relações de segunda ordem e relações de ordem superior a partir de seus parâmetros. E, por fim, em Barbosa (2019), com base em Gentner e Toupin (1986), o padrão de codificação passa a indicar o nível hierárquico das relações mapeadas em correspondência entre os dois domínios, indicando, consequentemente, sua ordem, como pode ser visto no quadro 1.

Quadro 1. Tipologia de correspondências mapeadas e notações simbólicas empregadas nas representações das correspondências.

Domínio Base (DB)	Representação das Correspondências	Domínio Alvo (DA)
Elementos da base.	E_n	Elementos do alvo.
Elementos que compõem o DB.	<i>Correspondências entre elementos devem ser representadas por setas bidirecionais acompanhadas pela letra E.</i>	Elementos que compõem o DA.
Atributos dos elementos do DB.	$A_n(E_x)$	Atributos dos elementos do DA.
Predicados descritivos relevantes dos elementos mapeados no DB.	<i>Correspondências entre atributos devem ser representadas por setas bidirecionais acompanhadas pela letra A; o código de cada correspondência dessa natureza deve possuir um único argumento, ou seja, deve estar baseada em uma única característica.</i>	Predicados descritivos relevantes dos elementos mapeados no DA.
Relações de 1ª ordem do DB.	$r_n(E_x/A_x, E_y/A_y, \dots)$	Relações de 1ª ordem do DA.
Relações entre dois ou mais elementos do DB ou entre suas características; relações de ordem estrutural que dizem respeito ao modo como os elementos do DB estão dispostos entre si.	<i>Correspondências entre relações de menor complexidade devem ser representadas por setas bidirecionais acompanhadas pela letra r (minúscula); o código de cada correspondência dessa natureza deve possuir, no mínimo, dois argumentos.</i>	Relações entre dois ou mais elementos do DA ou entre suas características; relações de ordem estrutural que revelam como os elementos do DA estão dispostos entre si.
Relações de 2ª ordem do DB.	${}^2R_n(r_x, r_y/E/A, \dots)$	Relações de 2ª ordem do DA.
Relações existentes entre relações de 1ª ordem previamente postuladas entre elementos do DB ou entre uma relação de 1ª ordem com outros elementos/atributos.	<i>Correspondências entre relações mais complexas que devem ser representadas por setas bidirecionais acompanhadas pelo código 2R; cada correspondência dessa natureza deve possuir, em seu código, ao menos uma relação de 1ª ordem como um dos seus argumentos.</i>	Relações existentes entre relações de 1ª ordem previamente postuladas entre elementos do DA ou entre uma relação de 1ª ordem com outros elementos/atributos.
Relações de ordem superior de nível hierárquico (ou grau) “nh” do DB.	${}^{nh}R_n({}^{(nh-1)}R_x, R_y/r/E/A, \dots)$	Relações de ordem superior de nível hierárquico (ou grau) “nh” do DA.
Relações de ordem nh (3ª ou superior) existentes entre relações do DB, das quais ao menos uma se configura como uma relação de ordem nh – 1.	<i>Correspondências entre relações de maior complexidade devem ser representadas por setas bidirecionais acompanhadas pelo código ${}^{nh}R$; cada correspondência dessa natureza deve possuir, em seu código, ao menos uma relação de ordem nh – 1 como um dos seus argumentos.</i>	Relações de ordem nh (3ª ou superior) existentes entre relações do DA, das quais ao menos uma se configura como uma relação de ordem nh – 1.
Determinados atributos ou relações do DB.	$D_n: [\dots]$	Determinados atributos ou relações do DA.
Características ou relações presentes no DB, conectadas a pontos em correspondência, que são diferentes nos respectivos pontos no DA.	<i>Diferenças alinháveis.</i> <i>As setas bidirecionais devem ser marcadas com um sinal gráfico semelhante à letra X, e devem ser acompanhadas pela letra D; o seu código deve, sempre, se remeter a alguma correspondência previamente codificada.</i>	Características ou relações presentes no DA, conectadas a pontos em correspondência, que são diferentes nos respectivos pontos no DB.
Atributos ou Relações do DB ausentes no DA.	$L_n: [\dots]$	Atributos ou Relações do DA ausentes no DB.

<i>Limitações da comparação</i>		
Condições do DB para as quais a comparação não se aplica; ou, elementos, atributos ou relações do DB que não devem ser “transferidos” para o DA.	<i>As setas bidirecionais devem ser marcadas com um sinal gráfico semelhante à letra X, e devem ser acompanhadas pela letra L. O seu código deve se referir a um novo elemento, atributo ou relação. Portanto, as limitações devem ser apresentadas com novos códigos.</i>	Condições do DA para as quais a comparação não se aplica; ou, elementos, atributos ou relações do DA que não encontram correspondência no DB.

Fonte: BARBOSA (2019, p. 80-82), adaptado.

O padrão de codificação expresso no quadro 1 foi a principal fonte para estabelecimento das funcionalidades do MAPES, uma vez que representa uma metodologia consistente no estabelecimento de correspondências entre os domínios da analogia.

4 METODOLOGIA

Esta pesquisa empírica, de abordagem qualitativa, se classifica, quanto aos objetivos, como descritiva, e, quanto aos meios, como bibliográfica e de campo; tendo passado por etapas claras e sequenciais com fins de alcançar seus objetivos previamente determinados.

Inicialmente, buscou-se a reconstrução do Sistema MAPES, cujo redesenvolvimento foi conduzido por uma discussão profunda sobre suas falhas, buscando-se garantir maior usabilidade e experiência favorável ao suporte na construção dos mapeamentos e posteriores análises das analogias e modelos mapeados. Após o redesenvolvimento, foi necessária, para a aplicação de questionário, a submissão do projeto de pesquisa à apreciação ética, registrado na Plataforma Brasil sob o CAAE (Certificado de Apresentação à Apreciação Ética) de Nº: 51594421.2.0000.8747 e aprovado pelo Parecer Consubstanciado de Nº: 5.048.847.

Os participantes foram escolhidos por serem professores pesquisadores sobre Metáforas, Analogias e Modelos no campo da Educação e que usam (ou têm o interesse de usar) o mapeamento estrutural de Analogias e Modelos como ferramenta analítica em suas pesquisas ou no planejamento de aulas que envolvem o uso desses tipos de recursos didáticos.

Esses participantes foram submetidos a uma oficina *online* sobre o uso do MAPES e, posteriormente, foram solicitados a responderem a um questionário, *online*, cujas respostas ajudaram a compreender suas ideias, opiniões e percepções sobre o MAPES, sobre sua inserção em contextos de ensino e de pesquisa e sobre o processo de mapeamento estrutural de analogias e modelos, de forma a fornecer informações que permitiram alcançar os objetivos específicos deste trabalho. A utilização do MAPES pelos participantes de pesquisa, além de prover informações úteis para a discussão dos resultados, funcionou como um teste

Beta⁴ que levantou aspectos importantes para a melhoria de sua implementação.

Os dados coletados a partir do questionário foram analisados usando a Análise de Conteúdo de Bardin (2016). Os dados oriundos das questões de múltipla escolha foram categorizados previamente, já os oriundos das questões dissertativas foram categorizados durante a análise do *corpus* e os resultados foram expostos sob a forma de uma nuvem de palavras.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos estão dispostos a seguir em duas seções: (1) a primeira acerca do redesenvolvimento do MAPES e (2) a segunda acerca de sua utilização por professores pesquisadores em contexto de ensino e de pesquisa.

5.1 O novo MAPES

O Sistema MAPES é uma ferramenta auxiliar de análise de analogias, concebido a partir da TME de Gentner (1983) e das codificações para o mapeamento estrutural de analogias desenvolvidas e publicadas por Ferry e Paula (2015, 2017) e Ferry (2016, 2018), apresentadas no quadro 1, tendo sido desenvolvido com a finalidade de prestar suporte na construção do mapeamento estrutural das analogias, bem como favorecer a leitura dos processos de análise das analogias segundo suas características estruturais (BARBOSA e FERRY, 2018).

A versão anterior do MAPES apresentava funcionamento simples e linear (BARBOSA, 2019), porém não muito intuitivo, levando à necessidade de uma nova versão que foi desenvolvida com a proposta de oferecer uma melhor usabilidade, tornando-a intuitiva, com um melhor padrão na qualidade visual, obtido por meio de uma interface mais detalhada. A ferramenta está estruturada sobre plataforma *web* (<https://www.mapesgematec.com>), ou seja, é utilizada por meio de *browsers* ou simplesmente navegadores que permitem navegação na internet.

A linguagem de programação utilizada em todo o projeto foi a *Typescript* – uma extensão do **JavaScript** que oferece módulos, classes, interfaces e um rico sistema de tipo gradual (BIERMAN, 2014), especialmente usado para o desenvolvimento de aplicações *web*. Para a parte visual da aplicação, foi escolhido o *framework* **NextJs**, uma estrutura da *web* de desenvolvimento *Front-end React*, de código aberto, criada por **Vercel**, que oferece funcionalidades como renderização do lado do servidor e geração de *sites* estáticos para aplicativos da *web* baseados em *React*. Os dados da aplicação são providos por uma

⁴ Teste de *software* realizado com o usuário final, também conhecido como teste de aceitação.

Application Programming Interface (API) construída com **Node.js**, que é um *software* de código aberto, multiplataforma, baseado no interpretador **V8** do Google e que permite a execução de códigos **JavaScript** fora de um navegador *web*. O sistema gerenciador de banco de dados escolhido foi o **PostgreSQL**, um SGBD Relacional, comumente utilizado para armazenar e administrar informações de soluções de informática (MILANI, 2008) e que se encontra em uma versão estável, confiável e com capacidades para suprir as necessidades do projeto.

O desenvolvimento do MAPES contou com a implementação de diversas funcionalidades como: autenticação de usuário, acesso a um catálogo de analogias, gerenciamento das analogias e seus mapeamentos e todas as funcionalidades necessárias para a construção do mapeamento.

Para a liberação da utilização do sistema, é solicitado ao usuário que informe o seu *e-mail* e a sua senha, previamente cadastrados pelo administrador, para que sejam validados e, assim, permitir o acesso. Após a validação dos dados de *login*, o usuário é direcionado à tela principal do sistema. Nessa tela (figura 1) são exibidas as analogias públicas, dispostas em *cards*, com informações pertinentes à analogia, que são: uma imagem ilustrativa, o título da analogia, o nome do autor e um botão para acessar o mapeamento. Há, também, uma barra azul na lateral esquerda fixada em todas as telas do sistema, com botões para navegação do usuário. Além disso, há um campo “Pesquisar”, no canto superior direito da tela inicial, usado para pesquisas de títulos das analogias públicas.

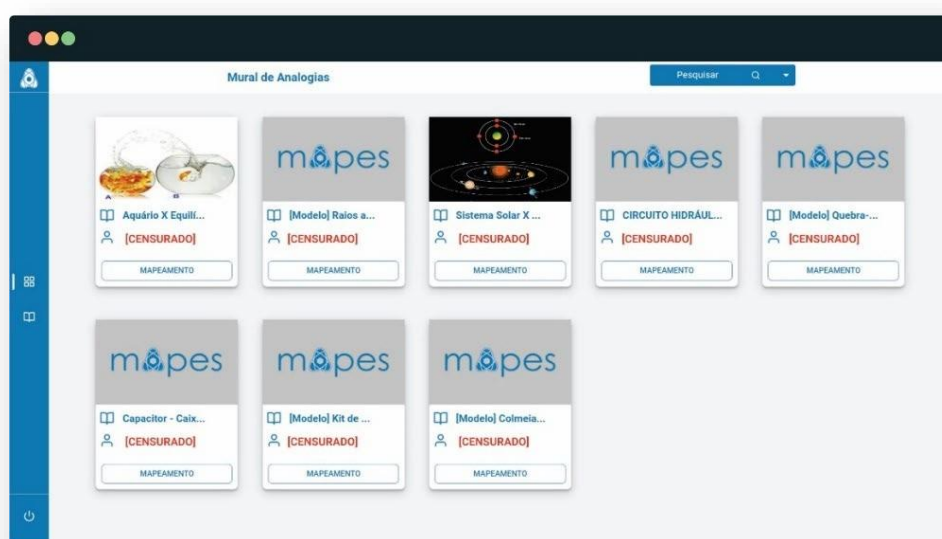


Figura 1. Tela do mural de analogias públicas no Sistema MAPES.

Fonte: Arquivo Pessoal (2022).

Na tela do mapeamento se concentra a maior parte da lógica da aplicação, que pode ser acessada pelo botão de mapeamento nos *cards* das analogias cadastradas. Na parte superior são visualizados o título e parte da descrição da analogia, além do nome do usuário (censurado na imagem por questões éticas), “proprietário” da analogia (figura 1).

O mapeamento, no MAPES (figura 2), é composto pelos seguintes componentes: (1) quadro sistematizado das correspondências mapeadas contendo as descrições dos domínios base e alvo e a codificação na coluna central; (2) a coluna de ações para gerenciamento das correspondências; (3) os botões de inserção (+Elemento) e (+Relação) para cadastramento dos elementos e relações em correspondência nos dois domínios; (4) a coluna STATUS, que demonstra quais elementos e atributos pertencem (✓) ou não (✗) à estrutura relacional comum da analogia; (5) a coluna FS, que apresenta os fatores de sistematicidade de cada correspondência mapeada; (6) o botão “Estrutura Relacional Comum” (ERC), que permite a visualização dessa estrutura; (7) a Sistematicidade da analogia, representada por um conjunto numérico contendo os fatores de sistematicidade das relações que compõem a ERC da analogia; (8) o botão “Ver Detalhes”, que permite a visualização da imagem, se houver, o título e texto descritivo da analogia; e (9) o botão *Download*, que permite baixar o mapeamento em um arquivo PDF.

FS	DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIA	DOMÍNIO ALVO	STATUS
0	Aquário	E_1	Recipiente	✓
0	Peixes do lado esquerdo	E_2	Reagente (A + B)	✓
0	Peixes do lado direito	E_3	Produtos (C + D)	✓
0	Tempo	E_4	Tempo	✓
0	Fatores externos	E_5	Fatores externos	✓
0	Quantidade de peixes no lado esquerdo	$A_1(E_2)$	Concentração dos reagentes	✓
0	Quantidade de peixes no lado direito	$A_2(E_3)$	Concentração dos produtos	✓
0	Peixes podem ser acrescentados ou retirados do aquário; alimentos podem ser acrescentados ao aquário.	$A_3(E_1)$	Capacidade de trocar matéria com o meio externo (recipiente aberto)	✗
0	Não há atributo correspondente no DB.	$L_1 : [A_1(E_1)]$	Incapacidade de trocar matéria com o meio externo (recipiente fechado)	✗
0	Os peixes são seres vivos e podem apresentar comportamento inesperado.	$L_2 : [A_2(E_2)]$	Não há atributo correspondente no DA.	✗
0	Os peixes são seres vivos e podem apresentar comportamento inesperado.	$L_3 : [A_3(E_3)]$	Não há atributo correspondente no DA.	✗

Estrutura Relacional Comum Sistematicidade = {781944, 781944} Download

Figura 2. Tela de mapeamento.

Fonte: Arquivo Pessoal (2022).

Há que se dar importância ao cálculo da sistematicidade, uma vez que a implementação exigiu uma abstração lógica de sua definição teórica e matemática.

A sistematicidade é de grande importância para a análise estrutural da analogia. Ela está relacionada aos potenciais inferenciais e à abrangência da comparação, bem como permite a dedução da complexidade exigida por alguns domínios alvos. A formulação de um algoritmo que calculasse os fatores de sistematicidade das correspondências, apesar do desafio, permitiu, segundo Barbosa (2019), “inferir que uma representação matemática da sistematicidade poderia indicar sua possível análise” (p. 74). Ainda segundo esse autor,

[...] essa representação partiu, então, de uma proposta de cálculo do fator de sistematicidade de uma correspondência através do produto entre o nível hierárquico (nh) da correspondência e o somatório dos k fatores de sistematicidade (Pfs) de seu conjunto de parâmetros mais (+) 1 (um) (BARBOSA, 2019, p. 74).

Barbosa (2019, p. 68-78) propõe, então, um algoritmo matemático representado na equação (1) a seguir:

$$fs[c] = nh \times (1 + \sum_{i=1}^k Pfs_i) \quad (1)$$

Nessa expressão, tem-se que **fs** é o fator de sistematicidade; **c**, o objeto em correspondência ($E_n, A_n, r_n, {}^{nh}R_n$); **nh**, a ordem da correspondência (nível hierárquico); **Pfs**, os fatores de sistematicidade dos respectivos parâmetros; **k**, a quantidade de parâmetros da correspondência; e **i**, o índice de cada parâmetro da correspondência. O algoritmo foi implementado no MAPES por meio de uma função recursiva denominada **getSystematicityFactor**, cujo código está apresentado na figura 3.

```

1  const getSystematicityFactor = (relation: Relation) => {
2
3    if (relation.relationships.length === 0) return 1
4
5    let sumFs = 0
6    relation.relationships.forEach((relationParam) => {
7      sumFs += getSystematicityFactor(
8        allRelations[
9          allRelations.findIndex(item => item.id === relationParam.id)
10       ]
11     )
12   })
13
14   return Number(relation.nh) * (1 + sumFs)
15 }
16

```

Figura 3. Código da Função Recursiva para cálculo da Sistematicidade.

Fonte: Arquivo Pessoal (2022).

A sistematicidade é representada, como um todo, por um conjunto **S** de fatores de sistematicidade das relações que compõem a ERC da analogia – equação (2):

$$S = \{fs[Pr] \mid Pr \in ERC\} \quad (2)$$

De acordo com Barbosa (2019), a interpretação do conjunto S , representante da sistematicidade, é orientada a considerar dois aspectos: (1º) a quantidade de valores que compõem o conjunto que define a sistematicidade da analogia e (2º) os valores propriamente ditos. Dessa forma, quanto menor a quantidade de elementos no conjunto e maior o valor dos elementos, mais elevada será a sistematicidade.

5.2 O uso do MAPES no processo de Mapeamento Estrutural de Analogias

Antes de introduzir as discussões dos resultados obtidos a partir do questionário aplicado, é importante destacar que, embora o MAPES permita o mapeamento de modelos, o foco maior foi sobre o uso que os participantes fazem das analogias. A pesquisa contou com a participação de 10 professores que realizam pesquisas sobre metáforas, analogias e/ou modelos no campo da Educação. Dos participantes, apenas um tem experiência menor que 3 anos de docência.

Quando perguntados sobre a frequência de recorrerem às analogias em sala de aula, responderam: 0 – não faço uso de analogias em sala; 0 – raramente; 6 – com frequência razoável; e 4 – com muita frequência.

Além disso, foram questionados sobre as situações em que costumam usar as analogias e responderam: 0 – não faço uso de analogias; 8 – em sala quando preciso explicar novos conceitos relacionados ao conteúdo; 10 – quando percebo que minha explicação não atingiu a turma de forma eficiente; e 7 – quando um estudante apresenta alguma dúvida para “melhorar” a explicação. E, ao serem questionados sobre o tipo de analogia que costumam usar em sala de aula, responderam: 0 – não faço uso de analogias em sala; 6 – uso analogias presentes no material didático; 9 – uso analogias criadas espontaneamente durante as aulas; e 6 – uso analogias de autoria própria planejadas na preparação da aula. Ambas as questões permitiam assinalar mais de uma alternativa.

Os participantes também foram questionados sobre quais aspectos consideram importantes quando usam analogias em sala de aula. Entre as respostas, os aspectos mais citados foram: (1) focar nas semelhanças entre os domínios base e alvo; (2) usar, como domínio base, conhecimentos familiares ou assegurar que os alunos conheçam o domínio base proposto pela analogia; e (3) abordar as analogias utilizando linguagem clara e acessível aos estudantes. Além desses aspectos, os participantes ainda disseram ser importante evidenciar as diferenças e limitações e levar em consideração a abrangência da analogia. As categorias encontradas na análise podem ser vistas na nuvem de palavras a seguir (figura 4):



Figura 4. Aspectos relevantes no uso de analogias em sala de aula segundo os participantes da pesquisa.

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

A primeira seção de perguntas teve como objetivo compreender como aqueles pesquisadores da área da Educação, que trabalham com essa temática, realizam o mapeamento estrutural de analogias. Dessa forma, a partir das respostas fornecidas, compreendeu-se que esses pesquisadores possuem certo domínio sobre as práticas de mapeamento estrutural com objetivos de análise, uma vez que apresentaram termos e práticas coerentes ao que orientam os referenciais teóricos. Pode-se destacar, nas primeiras questões, que os professores pesquisadores têm as analogias como importantes recursos de mediação didática e que procuram usá-las com frequência em suas aulas. Outro destaque importante é que procuram usar um repertório diversificado de analogias presentes no material didático utilizado em sala e analogias próprias, desenvolvidas e planejadas em suas sequências didáticas, além de construírem analogias espontaneamente.

Ao relacionar as respostas dessa primeira seção de perguntas, pode-se inferir que os professores pesquisadores, participantes da pesquisa, usam as analogias para: apresentar novos conceitos, reorganizar uma explicação malsucedida e auxiliar na resolução de dúvidas de estudantes que não compreenderam as primeiras exposições do conteúdo. As analogias usadas advêm de fontes diversas e com preparações diferentes.

Sobre o processo de mapeamento, percebeu-se que os professores pesquisadores, ao abordar uma analogia em sala, estabelecem as correspondências entre os domínios com grande foco nas semelhanças e se preocupam em fazer isso de forma clara e objetiva, usando linguagem acessível aos estudantes. Além disso, há uma preocupação considerável em garantir que os estudantes conheçam o domínio base da analogia. Por fim, demonstraram atenção e cuidado em evidenciar diferenças e limitações, e consideram que é importante fazer essas ponderações durante a abordagem de analogias nesses contextos.

A segunda seção das perguntas teve como objetivos identificar pontos positivos no processo de mapeamento estrutural de analogias feito com a ferramenta tecnológica e identificar dificuldades enfrentadas pelos pesquisadores ao utilizá-la na elaboração desse mapeamento.

A respeito da usabilidade, que está relacionada à facilidade com que as pessoas empregam uma ferramenta ou mesmo um objeto para realizar uma tarefa, 6 professores classificaram como alta e 4 classificaram como média. Dessa forma, compreende-se que, na visão dos participantes, o MAPES é uma ferramenta de fácil manuseio. Os participantes também foram questionados sobre a funcionalidade do Sistema MAPES e responderam da seguinte forma: 5 – “Bastante intuitivo, consegui encontrar com facilidade todas as funcionalidades que precisei para construir o mapeamento”; 5 – “Mais ou menos intuitivo, algumas funcionalidades são difíceis de encontrar”; e 0 – “Pouco intuitivo, não é fácil encontrar as funcionalidades, os caminhos não apresentam uma lógica clara”.

A complexidade de um sistema reúne tanto os conhecimentos necessários para manuseio do sistema em si, quanto os conhecimentos em informática. Os participantes foram questionados sobre a percepção dessa complexidade e responderam: 7 – É um sistema fácil de manusear, não requer conhecimentos mais aprofundados de computação para usá-lo; 3 – É um sistema mais ou menos fácil de manusear, alguém com conhecimentos básicos de informática não conseguiria “mexer” na ferramenta; e 0 – É um sistema muito difícil de manusear, pois é necessário ter bastante domínio de informática para conseguir “mexer” no sistema. E, sobre a eficiência do MAPES, os participantes responderam: 8 – Muito eficiente, o sistema executou todas as funções de inserir elemento, atributo, relações, diferenças e limitações, bem como editar e excluir com precisão; 1 – Mais ou menos eficiente, o sistema apresentou alguns problemas nas funções para construir o mapeamento, mas no geral não comprometeu o mapeamento; e 0 – Pouco eficiente, o sistema apresentou muitos problemas nas funções de construção e edição do mapeamento. Apenas 1 participante não respondeu a essa questão.

Já sobre a utilidade do MAPES para a análise de analogias, todos os participantes responderam que o sistema é muito útil, tendo gerado um mapeamento bem estruturado que permitiu uma análise mais profunda dos aspectos estruturais das analogias. Nenhum participante respondeu que o sistema seria “mais ou menos útil”, de modo a apresentar o mapeamento de forma desorganizada ou gerar dificuldades de analisar aspectos estruturais das analogias; nem “pouco útil”, de modo a comprometer essa análise ou não gerar um resultado condizente com o esperado.

A partir das análises das respostas dos participantes, a respeito das características do MAPES segundo sua usabilidade, funcionalidade, complexidade, eficiência e utilidade, considera-se que, na visão dos participantes, o sistema é uma ferramenta muito importante que agrega vários benefícios à análise de analogias em contextos de ensino e de pesquisa, uma vez que ele apresenta resultados satisfatórios nos testes realizados pelos usuários.

Além das questões de múltipla escolha, foi solicitado aos participantes que descrevessem os pontos positivos percebidos no MAPES, as dificuldades no processo de mapeamento que poderiam interferir no seu manuseio e sobre a sua utilidade nas rotinas de trabalho dos pesquisadores em suas pesquisas com analogias. Ao realizar uma análise de conteúdo das respostas dos professores pesquisadores, foram identificadas algumas informações que, a seguir, são apresentadas sob a forma de nuvem de palavras. A figura 5 apresenta os seguintes pontos positivos sobre o MAPES elencados pelos participantes:



Figura 5. Pontos positivos percebidos no MAPES pelos participantes.

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Entre os principais pontos positivos elencados pelos participantes, eles responderam que: o sistema é funcional; facilita o estabelecimento das relações; favorece o mapeamento estrutural; favorece a análise das analogias; permite uma visão abrangente do mapeamento; favorece a organização do pensamento durante a construção do mapeamento e posterior análise; e permite o aprimoramento do mapeamento e da analogia. O favorecimento da análise das analogias e da construção do mapeamento foram os pontos mais citados pelos participantes.

Sobre as dificuldades no processo de mapeamento que poderiam interferir no seu manuseio e sobre a sua utilidade nas rotinas de trabalho, a figura 6 apresenta sintetizadas as respostas da seguinte forma:



Figura 6. Dificuldades percebidas com o uso do MAPES pelos participantes.

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Os participantes elencaram como dificuldades a falta de uma tutorial interativo com balões que indicassem o que cada funcionalidade realiza no MAPES; a maioria dos professores pesquisadores sentiram falta desse recurso instrucional. Além disso, mencionaram a necessidade de visualização integral do mapeamento sem ter que “rolar” a barra e a abertura de janelas para a inserção de novas correspondências.

Por fim, os participantes foram questionados se consideravam o MAPES uma ferramenta útil para os estudos de analogias. Na análise das respostas encontrou-se que, para os professores pesquisadores, o MAPES é uma ferramenta muito útil, como evidencia a nuvem de palavras da figura 7 a seguir:



Figura 7. Utilidade do MAPES nos contextos de ensino e de pesquisa, segundo os participantes.

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Além disso, os participantes pontuaram outras percepções acerca da utilidade do MAPES, a saber: automatiza a codificação das correspondências; facilita o processo de mapeamento e análise das analogias; confere ao pesquisador mais atenção à análise da analogia; favorece a estruturação do mapeamento; permite a visualização da estrutura relacional comum; permite a visualização dos fatores de sistematicidade e da própria sistematicidade; confere agilidade na construção do mapeamento; cria um catálogo de analogias úteis a outros pesquisadores; facilita a interpretação mais detalhada da analogia; facilita a percepção de quais elementos e atributos de fato influenciam na sua construção; permite analisar potencialidades e fragilidades da analogia; e dá suporte à análise que potencializa a eficiência da analogia em um contexto de ensino.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da análise dos dados levantados, foi possível extrair algumas informações que corroboraram o alcance dos objetivos e o fornecimento de uma resposta à questão que norteou este trabalho. Sobre o primeiro objetivo específico, que consistiu em compreender como os pesquisadores da área da Educação realizam o mapeamento estrutural de analogias, os dados levantados na primeira seção do questionário aplicado revelaram que os participantes da pesquisa, professores pesquisadores interessados na temática das analogias, já realizavam o mapeamento de forma estruturada, porém intuitiva. Viu-se que esses professores já possuíam preocupações importantes para o uso de analogias em sala de aula, como ter foco nas semelhanças entre os domínios, estabelecer correspondências de forma clara e objetiva, e evidenciar possíveis diferenças e limitações pertinentes entre os domínios. Além disso, demonstraram ter preocupação em garantir que os estudantes tenham conhecimento sobre o domínio base de forma a evitar confusão de interpretação na abordagem da analogia que comprometa os objetivos de aprendizagem ou apropriação de conceitos.

A respeito dos outros dois objetivos, que consistia em identificar pontos positivos no processo de mapeamento estrutural de analogias realizado via ferramenta tecnológica e identificar dificuldades enfrentadas pelos pesquisadores ao utilizá-la no mapeamento estrutural das analogias, viu-se que a segunda seção de perguntas do instrumento de coleta de dados forneceu dados suficientes para a discussão. Os principais pontos positivos do MAPES percebidos pelos participantes foram: facilitar o estabelecimento das relações, favorecer o mapeamento estrutural e favorecer a análise das analogias, enquanto as dificuldades elencadas por eles foram: a falta de um tutorial interativo; a necessidade de visualização do mapeamento por inteiro não oferecida pelo sistema devido aos limites do tamanho de tela dos dispositivos; e a abertura de janelas para a inserção das correspondências.

Os procedimentos metodológicos permitiram levantar informações suficientes para responder à questão de pesquisa, uma vez que foi possível identificar, na visão dos participantes, diversas contribuições que o MAPES poderá trazer para a análise estrutural das analogias. Entre estas, destacam-se: automatizar o padrão de codificação no mapeamento, que é crucial para uma boa leitura das estruturas relacionais comuns das analogias; facilitar o processo de mapeamento e análise das analogias; conferir agilidade na construção do mapeamento; favorecer a estruturação do mapeamento e facilitar o processo de mapeamento e análise das analogias, além de a ferramenta ter sido considerada por todos os participantes como muito útil para o processo de mapeamento. Dessa forma, conclui-se que a análise estrutural de analogias feita com auxílio do MAPES pode ser mais efetiva de forma a contribuir para o desenvolvimento de pesquisas que envolvam a compreensão de aspectos estruturais de analogias empregadas em situações de ensino.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Wilbert Viana. **Análise da sistematicidade de analogias em contextos de ensino e de pesquisa na educação em ciências**. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

BARBOSA, Wilbert Viana; FERRY, Alexandre da Silva. Concepção de um *software* para mapeamento estrutural de analogias empregadas no ensino de ciências. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, Manaus, v. 4, n. 08, p. 224-243, nov. 2018. Edição Especial. Disponível em: <https://sistemascmc.ifam.edu.br/educitec/index.php/educitec/article/view/580>.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Tradução de L. A. Rego e A. Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2016.

BIERMAN, Gavin; ABADI, Martín; TORGERSEN, Mads. Understanding typescript. In: **European Conference on Object-Oriented Programming**. Berlin, Heidelberg: Springer, 2014. p. 257-281.

FALKEHAINER, Brian; FORBUS, Kenneth D.; GENTNER, Dedre. The structure-mapping engine: algorithm and examples. **Artificial Intelligence**, v. 41, p. 1-63, 1989.

FERRY, Alexandre da Silva. **Análise estrutural e multimodal de analogias em uma sala de aula de Química**. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

FERRY, Alexandre da Silva. **Pesquisas sobre analogias no contexto da educação em ciências à luz da teoria do mapeamento estrutural (Structure-mapping Theory)**. São Paulo: Livraria da Física, 2018. 114 p.

FERRY, Alexandre da Silva; PAULA, Helder de Figueirêdo e. Mapeamento estrutural de analogias e outras comparações em uma sala de aula de Química. **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS – X ENPEC**, 10., 2015. **Anais...**Águas de Lindoia, 24 a 27 nov. 2015.

FERRY, Alexandre da Silva; PAULA, Helder de Figueirêdo e. Mapeamento estrutural de analogias enunciadas em uma aula sobre cinética química. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 23, n. 1, p. 29-50, 2017.

GENTNER, Dedre. Structure-mapping: a theorycal framework for analogy. **Cognitive Science**, Palo Alto, v. 7, n. 1, p. 155-170, jan. 1983.

GENTNER, Dedre; BOWDLE, Brian. Metaphor as structure-mapping. In: Raymond Gibbs (ed.) **The Cambridge Handbook of Metaphor and Thought**. New York , NY: Cambridge University Press, 2008. p. 109-128.

GENTNER, Dedre; COLHOUN, Julie. Analogical processes in human thinking and learning. In: Britt. M. Glatzeder; Vinod Goel; Albrecht von Müller (ed.). **Towards a theory of thinking: building blocks for a conceptual framework**. Berlin: Springer-Verlag, 2010. v. 2, p. 35-48, 2010.

GENTNER, Dedre; KURTZ, Kenneth J. Relations, objects, and the composition of analogies. **Cognitive Science**, v. 30, p. 609-642, 2006.

GENTNER, Dedre; MARKMAN, Arthur B. Structure mapping in analogy and similarity. **American Psychologist**, v. 52, n. 1, p. 45-56, jan. 1997.

GENTNER, Dedre; SHUMACHER, Robert M. Use of structure-mapping theory for complex systems. **Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics**. New York: IEEE, 1986.

GENTNER, Dedre; TOUPIN, Cecile. Systematicity and surface similarity in the development of analogy. **Cognitive Science**, v. 10, p. 277–300, 1986.

HOLYOAK, Keith J.; GENTNER, Dedre; KIKINOV, Boicho N. Introduction: the place of analogy in cognition. In: Dedre Gentner; Keith J. Holyoak; Boicho N. Kokinov (Eds.). **The analogical mind: Perspectives from cognitive science**. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology Press, p. 1-19, 2001.

MARKMAN, Arthur B.; GENTNER, Dedre. Structural alignment during similarity comparisons. **Cognitive Psychology**, v. 25, p. 431-467, 1993.

MILANI, André. **PostgreSQL-Guia do Programador**. Novatec Editora, 2008.

AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de Estudos em Metáforas e Analogias na Tecnologia, na Educação e na Ciência (GEMATEC - <https://www.gematec.cefetmg.br>), do CEFET-MG.

Revisão gramatical realizada por: Arielle Aline da Cruz Pereira

E-mail: arielleacp@gmail.com