

Identificação de Estratégias Cognitivas Elaboradas por Estudantes na Resolução de Situações-Problema em Matemática por Meio de uma Ferramenta Digital

Jaqueline Molon¹, Sérgio Roberto Kieling Franco²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) - Canoas - RS – Brasil – 92412-240 – Rua Maria Zélia Carneiro de Figueiredo, 870

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – Porto Alegre – RS - Brasil

jaqueline.molon@canoas.ifrs.edu.br, sergio.franco@ufrgs.br

Abstract. *This article describes the doctoral dissertation of the same title, defended by the author in May 2022. The qualitative character and exploratory-descriptive objective research, centered on Piagetian theory, it was researched how to identify pieces of evidence of cognitive strategies developed by students during the resolution of problem situations in mathematics. Whose modeling involves algebraic knowledge, and how to obtain them through an Application to Support Pedagogical Action (appAAP), produced during this research. Among the contributions of the study, in addition to the technological application itself, the design of the assessment model and the method of identifying evidence of cognitive strategies implemented and tested in the appAAP stand out.*

Resumo. *Este artigo descreve a tese de doutorado, de mesmo título, defendida pela autora em maio de 2022. A pesquisa, de caráter qualitativo e objetivo exploratório-descritivo, centrada na teoria piagetiana, investigou como identificar evidências de estratégias cognitivas elaboradas por estudantes durante a resolução de situações-problema em matemática, vinculadas ao pensamento algébrico, e de que forma obtê-las por meio de um Aplicativo de Apoio à Ação Pedagógica (appAAP), produzido no decorrer da pesquisa. Entre as contribuições do estudo, além da própria aplicação tecnológica, destacam-se a concepção do modelo de avaliação e do método de identificação de evidências de estratégias cognitivas implementado e testado no appAAP.*

1. Introdução: justificativa e motivações do estudo

A investigação objeto do presente artigo enquadra-se no campo da educação tendo como prerrogativa a utilização da tecnologia a favor dos processos de ensino, de aprendizagem e de avaliação. A pesquisa de doutorado [Molon 2022] teve origem em inquietações quanto às dificuldades de aprendizagem em matemática que os estudantes demonstram possuir, tanto no ensino médio quanto ao ingressar no ensino superior – níveis de atuação docente da proponente da pesquisa. A proposta do estudo pautou-se no entendimento de que é fundamental ao professor buscar compreender como auxiliar cada estudante a desenvolver a sua própria capacidade de aprender e de resolver problemas variados.

Considerando o exposto, destaca-se a importância de pensar em recursos que favoreçam os processos de ensino e de aprendizagem e, mais especificamente, forneçam apoio ao docente no acompanhamento dos estudantes. Assim, para auxiliar o professor a entender as dificuldades que os estudantes enfrentam nas atividades que lhes são

propostas, abriu-se a possibilidade de investigar que estratégias cognitivas são elaboradas pelos estudantes nessas atividades. E, a partir disso, identificar lacunas de aprendizagem e retomar os erros cometidos numa perspectiva construtiva, possibilitando a proposição de desafios adequados e apoio pedagógico mais direcionado.

Contudo, a execução de atividades avaliativas com esse viés investigativo impõe dificuldades de execução, seja em função do quantitativo de alunos das turmas atendidas pelos professores, seja pelo tempo que seria necessário para tal. Na maioria das vezes, o professor atua em múltiplas turmas em um período letivo e isso dificulta a realização de mapeamento eficiente das dificuldades específicas de cada estudante e das estratégias cognitivas que estes utilizam ao lidar com problemas de diferentes ordens. Sendo assim, justificou-se a necessidade da presente pesquisa que se tornou ainda mais significativa com a pandemia de Covid-19 e realização de atividades pedagógicas assíncronas remotas. Logo, a complexidade inerente à realização da avaliação dos processos de aprendizagem dos alunos, aliada a possibilidade de utilizar as tecnologias digitais em um contexto de avaliação formativa [Perrenoud 1999] ou mediadora [Hoffmann 2018] são aspectos que evidenciam a contribuição desta pesquisa.

Cabe destacar que, por meio de mapeamento sistemático da literatura realizado com a finalidade de apontar ferramentas ou recursos digitais desenvolvidos ou utilizados para a avaliação da aprendizagem em contextos educacionais, publicado em outro momento [Molon, Nicolao e Franco 2020], pode-se evidenciar o caráter inovador da proposta. Apontou-se como um aspecto diferencial, justamente, a busca por uma ferramenta de apoio ao trabalho docente na identificação de evidências das estratégias cognitivas elaboradas pelos estudantes ao longo do processo de resolução de situações-problema, possibilitando o acompanhamento dos raciocínios dos alunos, sendo, portanto, a própria concepção da ferramenta uma inovação.

Sendo assim, a pesquisa de doutorado que deu origem a este artigo, teve como propósito responder ao seguinte problema: *Como identificar evidências de estratégias cognitivas elaboradas por estudantes durante a resolução de situações-problema em matemática e de que forma obtê-las por meio de uma ferramenta digital?* Nesse sentido, o objetivo geral foi delinear um método para identificar evidências de estratégias cognitivas utilizadas por estudantes durante a resolução de problemas matemáticos, vinculados ao pensamento algébrico, para ser implementado em um Aplicativo de Apoio à Ação Pedagógica (appAAP). Para o alcance dos objetivos propostos, a pesquisa buscou compreender processos cognitivos vinculados à resolução de situações-problema cuja modelagem envolvia conhecimentos algébricos, identificando evidências de estratégias cognitivas e de elementos geradores de desequilíbrios cognitivos (dúvidas e impasses). Em paralelo foram definidos requisitos técnicos e pedagógicos para o desenvolvimento da aplicação *web* que, por fim, também foi testada para avaliar o atendimento a critérios de qualidade de uso. Pelo exposto, o presente artigo apresenta, a seguir, as bases teóricas da pesquisa, a caminhada metodológica e apresenta os principais resultados.

2. Trabalhos relacionados

Durante o período de revisão que fundamenta o objetivo deste trabalho, o qual dá origem à concepção do appAAP, foi realizado um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL). Dos 26 trabalhos analisados, cinco (05) são descritos a seguir, pois trouxeram contribuições significativas para a concepção do presente aplicativo.

Santos, Cook e Hernández-Leo [2015] implementaram o Sistema m-AssIST (*mobile-Assessment Interaction Scaffolding Temporal Model*) capaz de capturar as

características das atividades e as interações dos alunos durante a sua realização, permitindo a criação de cenários para e refletir sobre os mecanismos de andaimes que poderiam apoiar interações específicas em contexto avaliativo.

Steif, Fu e Kara [2016] desenvolveram um sistema de Tutoria Inteligente para suporte e feedback aos alunos na Resolução de Problemas (RP) de treliça, com múltiplos caminhos de resolução. O tutor identificava erros ao longo do processo e a partir de explicações fornecidas pelo próprio estudante e fornecia feedback.

Greiff et al. [2016] investigaram como o nível de proficiência dos estudantes ao longo da RP complexos, em ambientes computacionais, era afetado pelo tempo na tarefa, pela observação sem interferência e pela alta frequência de intervenção. A pesquisa apontou que quanto maior a necessidade de ações exploratórias na ferramenta, mais longas eram as sequências comportamentais expressas por essas ações, resultando em arquivos de log mais extensos e com maior quantidade de informações potencialmente expressivas do comportamento dos alunos.

Csapó e Molnár [2017] desenvolveram Testes de Solução Dinâmica de Problemas (SDP) on-line e, a partir da análise de arquivos de log, verificaram como as decisões tomadas e ações executadas pelos alunos, no ambiente tecnológico, modificaram o ambiente da tarefa. O resultado indica ligações entre as estratégias de aprendizado dos alunos e a aquisição de conhecimento na RP.

Por fim, o trabalho de Saputra, Budiyanto e Hatta [2017] apresenta as etapas de desenvolvimento de um software de avaliação de competências baseado na Web, com correção automática, possibilidade de adição de multimídias, dados e fórmulas em planilhas e afirmam que o recurso melhora o trabalho docente em função da pontuação automática e descrevem as ações dos tipos de usuário (aluno, professor, administrador).

Entre as aproximações desses trabalhos com o AppAAP observa-se o foco na resolução de situações-problema (mesmo que, por vezes, a compreensão acerca do que é uma situação-problema não ser a mesma que a deste trabalho), a possibilidade de análise dos registros de log dos alunos (para acompanhamento das ações realizadas por eles), a investigação de competências (que também contempla diferentes compreensões conceituais), a possibilidade de oferecer apoio à ação docente e ao aprendizado dos alunos, embora através de métodos, justificativas e objetivos distintos, conforme detalhamento contido a partir da próxima seção.

A partir do MSL concluiu-se que “a busca por recursos para a realização de uma avaliação mais individualizada e focada no desenvolvimento cognitivo dos estudantes ainda é um desafio que exige mais pesquisas na área” [Molon, Nicolao e Franco 2020]. Logo, o desenvolvimento do Aplicativo de Apoio à Ação Pedagógica (appAAP) alinha-se ao desafio de busca por tais recursos.

3. Da pesquisa à concepção do appAAP

Investigar as dificuldades, os tipos de erros dos estudantes e as estratégias utilizadas na realização das tarefas que lhes são propostas são aspectos inerentes a uma prática avaliativa mediadora. Essa importante função docente implica a observação acerca dos aspectos constituintes e funcionais das estruturas e dos esquemas cognitivos dos sujeitos, do que são capazes de fazer, os procedimentos de resolução de situações-problema que utilizam considerando o nível de desenvolvimento em que se encontram e o modo como agem diante de cada situação-problema tendo em vista os conhecimentos já construídos.

Essa concepção de avaliação inclui a observação individual de cada aluno

considerando seu processo de construção do conhecimento com a finalidade de procurar as razões para as soluções que são apresentadas [Hoffmann 2018]. Nesse sentido, uma resposta incorreta pode ser interpretada como um momento do processo de construção de conhecimento. Alguns erros podem ser oriundos, por exemplo, de falta de atenção a algum processo específico ao longo da resolução do problema (tarefa específica) ou ser um equívoco pontual, mas também podem ser indícios de ajustamentos necessários relativos à reflexão, ou seja, a (re)construção de conceitos em patamar superior de conhecimento [Piaget 1995] ou podem estar ligados com a necessidade de adaptação [Piaget 1982].

Nessa direção, enquanto fundamentação teórica, a pesquisa de doutorado [Molon 2022] estabeleceu um elo de discussão entre a teoria do desenvolvimento cognitivo, da abstração reflexionante e da equibração de Piaget (1976; 1982; 1995), a compreensão de Inhelder (1978) acerca de aspectos inerentes aos procedimentos e estratégias de resolução de problemas e a concepção de Perrenoud (2007) quanto às competências cognitivas. Esses pressupostos teóricos indicam, de modo geral, que cada sujeito elabora suas próprias estratégias cognitivas a partir da articulação dos recursos e meios disponíveis, que são mobilizados com o intuito de atingir um fim específico. Apontam, ainda, que há um sistema de trocas entre o que o sujeito sabe (conhece) e o novo, de modo que as próprias ações no decorrer do processo de construção levam a modificações e, conseqüentemente, à reorganização das estratégias cognitivas elaboradas. Sendo assim, há uma estreita relação entre os esquemas de ação, o funcionamento das estruturas cognitivas e a manifestação das competências cognitivas dos sujeitos.

Além disso, defendendo que a avaliação dos processos de aprendizagem dos estudantes precisa orientar a práxis docente para que o professor possa, embasado em evidências, criar situações de aprendizagem mais direcionadas aos estados de conhecimento de seus estudantes, as concepções de avaliação formativa [Perrenoud 1999] e avaliação mediadora na perspectiva de Hoffmann (2018) também compuseram o arcabouço teórico do estudo. A pesquisa englobou, ainda, aspectos inerentes ao saber e ao saber-fazer compreendidos no contexto das competências que são caracterizadas em três níveis em termos de ações ou operações (presentativo, procedural e operatório) [Pestana 1999].

A avaliação de competências por meio da resolução de situações-problema em matemática vinculadas ao pensamento algébrico foi o caminho traçado para a investigação e, portanto, também integra a fundamentação teórica utilizada. Optou-se pelo pensamento algébrico como campo de investigação em função desse ser caracterizado, em essência, enquanto capacidade de estabelecer relações, modelar, generalizar, operar com o desconhecido (incógnitas, variáveis etc.) e construir significados a esses elementos [Almeida e Santos 2017], sendo essas ações possibilidades para manifestações das competências cognitivas [Perrenoud 1999] ou dos esquemas e estruturas cognitivas dos sujeitos [Piaget 1976]. Por fim, destaca-se também fundamentos teóricos acerca do desenvolvimento do appAAP que buscou elementos da engenharia de software na perspectiva de Pressman e Maxim (2016) e do design interativo [Barbosa e Silva 2010] [Sharp, Rogers e Preece 2007] para a concepção e validação das interfaces da aplicação.

4. Procedimentos Metodológicos

A pesquisa caracterizou-se como qualitativa com objetivo exploratório-descritivo. A modalidade qualitativa mostrou-se adequada tendo em vista que o estudo buscou, de modo geral, “entender as formas como as pessoas agem e explicar suas ações” [Gray 2012]. O objetivo exploratório-descritivo justificou-se em razão das etapas de trabalho necessárias para alcançar esse propósito.

Tabela 1. Etapas e procedimentos metodológicos

etapa	Atividade	instrumento / método	Observações
1ª etapa	Definição e reformulação das situações-problema	análise microdados ENEM	pela autora
	Validação da reformulação dos itens	google forms à especialistas	
2ª etapa	Definição do nível de dificuldade de cada item	Método Angoff Modificado	37 professores de matemática (mestres e doutores)
	Seleção das situações-problema para o estudo		
	Análise e definição dos conceitos, procedimentos e habilidades cognitivas apontados pelos especialistas para cada situação-problema avaliada	codificação e categorização de dados	15 estudantes
	Convite aos estudantes para participação da pesquisa e realização de entrevistas semiestruturadas - seções de resolução das situações-problema	Método clínico piagetiano via Google Meet	
Transcrição das entrevistas	Software Transkriptor		
em paralelo	Coleta de registros escritos, das anotações dos estudantes ao longo da resolução de cada situação-problema	foto enviado por meio do aplicativo WhatsApp	
	Modelagem de requisitos da aplicação web	fundamentos teóricos da tese	equipe de desenvolvimento da aplicação ¹
	Desenvolvimento de protótipo - 1ª versão	atividades metodológicas de Pressman e Maxim (2016)	
3ª etapa	Hospedagem temporária do appAAP para a realização de testes e ajustes		
	Análise dos processos de resolução, com foco na identificação de estratégias, dúvidas e impasses enfrentados pelos alunos no decorrer da resolução das situações-problema;	codificação e categorização de dados e elaboração de diagramas de cada resolução	Realizado pela autora a partir dos dados gerados nas entrevistas clínicas
	Delineamento do procedimento para identificação de evidências de estratégias cognitivas;	criação de modelo de avaliação da situação-problema	
Elaboração de ajudas (DR, PN ou QR) associadas as estratégias, dúvidas ou impasses	modelagem cartões de ajuda		
4ª etapa	Inserção das questões, procedimentos, estratégias e ajudas na versão de teste do appAAP	inserção de dados no appAAP	
	Validação do procedimento de identificação de evidências de estratégias cognitivas implementado na aplicação;	google forms e testes appAAP	48 estudantes
	Análise de dados e identificação de ajustes na estrutura da aplicação considerando critérios de qualidade de uso de aplicações voltadas ao ambiente educacional;	SUS (BROOKE, 1996) e Google Forms	32 estudantes da atividade anterior
em paralelo	Definição e testagem das interfaces de usuários do appAAP;	método <i>think-aloud</i> (NIELSEN, 1993)	TCC coorientado pela autora
	Avaliação da experiência de uso com um grupo ampliado de usuários e verificação de atributos de qualidade da aplicação	entrevista Google Meet e protocolo SUS	
	Realização de ajustes e efetivação da hospedagem institucional do appAAP.	atividades metodológicas de Pressman e Maxim (2016)	

A investigação ocorreu em uma instituição federal de educação básica, técnica e tecnológica do Rio Grande do Sul (RS) e foi dividida em quatro etapas sendo que os dados gerados em cada uma subsidiaram a(s) seguinte(s), conforme evidenciado na Tabela 1.

A primeira etapa contemplou a (re)formulação de questões vinculadas ao pensamento algébrico utilizadas no Enem, a validação por especialistas dos textos reescritos e a identificação do nível de dificuldade de cada situação-problema por meio de etapas inerentes ao Método Angoff Modificado [Angoff 1971], o que resultou na definição das situações-problema que foram utilizadas na investigação. Participaram dessa etapa 37 professores de matemática atuantes em uma instituição federal de educação, de nível técnico e tecnológico do Rio Grande do Sul.

Na segunda etapa, na qual participaram 15 estudantes dos anos finais do Ensino Médio ou ingressantes no Ensino Superior dessa mesma instituição, foram realizadas entrevistas individuais com inspiração no método clínico piagetiano a fim de identificar evidências de elementos característicos de formas de pensamento (estruturas ou esquemas mentais) e aspectos funcionais do raciocínio dos estudantes por meio da observação e análise dos procedimentos de resolução utilizados. Buscou-se compreender como cada estudante estruturou a sua forma de pensar e raciocinar diante de cada situação-problema e identificar as estratégias cognitivas elaboradas, a emergência de dúvidas e o enfrentamento de impasses, relacionados a conceitos, procedimentos ou habilidades. A

partir da análise dos dados gerados, na terceira etapa foram inseridos os elementos identificados na estrutura de uma aplicação web, o Aplicativo de Apoio à Ação Pedagógica (appAAP).

Essas três etapas culminaram no delineamento do procedimento para identificação de evidências das estratégias cognitivas dos estudantes, originando a base lógica da estrutura do modelo de avaliação implementado no appAAP. Por fim, a quarta etapa do estudo destinou-se à validação do método de identificação de estratégias cognitivas implementado e dos atributos de qualidade do appAAP. A seguir são apresentados alguns dados, discussões e resultados dessas etapas.

5. Resultados e discussões

Optou-se por apresentar, aqui, os resultados da terceira etapa do estudo, por tratar-se de modo mais direto do atendimento ao objetivo geral. Assim, inicialmente descreve-se a concepção do modelo geral de avaliação e, em seguida, apresenta-se o appAAP e o método de identificação de evidências de estratégias cognitivas que foi implementado.

5.1. O modelo de avaliação e identificação de evidências de estratégias cognitivas

Os dados gerados das entrevistas clínicas realizadas com cada um dos 15 estudantes participantes, foram considerados para a análise sob duas perspectivas: por situação problema e por estudante. Ao enfatizar cada estudante, analisou-se a estratégia desenvolvida a partir das evidências coletadas, observando indícios de sua competência cognitiva e de suas dificuldades diante de cada situação-problema. Por sua vez, o enfoque nas situações foi preciso para elencar o conjunto de elementos para a elaboração do seu modelo de avaliação, considerando o conjunto de tentativas de resolução adotadas pelos estudantes que se envolveram com cada situação-problema.

Os dados buscados para a identificação de evidências das estratégias cognitivas elaboradas pelos estudantes durante a resolução das situações-problema resolvidas estavam associadas a emergência de três fenômenos: estratégias (hipóteses, técnicas, táticas, esquemas, artifícios, métodos, meios, recursos, representações, tipos de raciocínio, tentativas etc.), dúvidas (incertezas, indecisões, inseguranças, confusões, indeterminações, indefinições, imprecisões, ambiguidades etc.) e impasses (obstáculos, embaraços, empecilhos, reverses, resistências, objeções, bloqueios, barreiras etc.).

As estratégias cognitivas elaboradas pelos sujeitos foram evidenciadas nas condutas realizadas frente ao problema que estava sendo resolvido [Inhelder 1978]. Foram consideradas evidências dessas estratégias cognitivas, de modo associado aos níveis de competência indicados em Pestana (1999), os seguintes elementos: *Procedimentos* (P_i) tentados ou realizados; *Dicas de resolução* (DR_i) geradas a partir das estratégias identificadas; *Perguntas e respostas norteadoras* (PN_i) oriundas das dúvidas e *Questionamentos Reflexivos* (QR_i) originados dos impasses. Assim, considerando o conjunto de tentativas de resolução realizadas em cada situação-problema, foram indicadas estratégias utilizadas e listados procedimentos pertinentes e vinculados a cada uma das estratégias. Foram, também, elaboradas as ajudas consideradas de três tipos: PN_i ; QR_i e DR_i , sendo associadas aos procedimentos que elas direcionavam. A partir disso passou-se a avaliar de que forma seria possível sistematizar os elementos de modo a elaborar um método de identificação de evidências de estratégias cognitivas que pudesse ser “automatizado” e implementado no Aplicativo de Apoio à Ação Pedagógica (appAAP).

Para tanto, a partir dos dados verificou-se que as estratégias cognitivas utilizadas pelos estudantes poderiam ser indicadas pelo conjunto de procedimentos realizados (ou tentados) e, esses, direcionados pelas ajudas necessitadas pelos estudantes. Observou-se que, enquanto o estudante elaborava uma estratégia, seus procedimentos eram direcionados a ela, ou seja, suas ações e operações seguiam certa lógica que norteava o caminho de resolução em construção. Assim, ao buscar ajudas os estudantes também buscavam direcionar procedimentos à um objetivo parcial pré-definido (chegar em um ponto intermediário) ou final. Logo, as ajudas que os estudantes recorriam diante desse objetivo, como meios para alcançá-lo apontavam para procedimentos comuns indicando o caminho de resolução trilhado e isso evidenciava a estratégia em desenvolvimento.

Dessa forma, a premissa adotada na conjectura do método de identificação de evidências de estratégias cognitivas elaboradas pelos estudantes é que elas eram indicadas pelo conjunto de procedimentos que eles realizaram (ou tentaram realizar) e que as ajudas (recebidas ou consultadas enquanto recursos para a sequência do processo de resolução) tendem a direcionar determinados procedimentos, considerando as relações expressas no modelo de avaliação de cada situação-problema. Sendo assim, o apontamento das estratégias cognitivas elaboradas deveria seguir da análise da pertinência dos procedimentos realizados efetivamente por cada estudante considerando o conjunto daqueles repetidos a partir das ajudas consultadas por eles. Para tanto, a elaboração do modelo de avaliação dentro dos pressupostos teóricos e dos dados empíricos trazidos deveria considerar, alguns requisitos, que são descritos e justificados na tese [Molon 2022], os quais foram utilizados para a implementação do método de identificação inserido no appAAP.

5.2. O appAAP: concepção, módulos e funcionalidades

A identificação de evidências de estratégias cognitivas por meio do appAAP dá-se pelo registro e análise dos logs de acesso dos estudantes durante a utilização do aplicativo e armazenamento de informações associadas às ajudas. A análise dos logs das ajudas consultadas conduz a uma lista de procedimentos para análise de cada estudante e após cada um selecionar os procedimentos efetivos, a lógica implementada no appAAP aponta a estratégia e a indica ao estudante. Para tanto, o professor vincula as estratégias, procedimentos e ajudas de cada situação-problema ao cadastrar uma questão no appAAP módulo docente, conforme o seu respectivo modelo de avaliação.

O appAAP é constituído, basicamente, por um ambiente que contém situações problema junto a opções de ajuda (DRi, PNi e QRi), procedimentos (Pi) e estratégias de resolução. O appAAP armazena esses elementos, que constituem o modelo de avaliação da questão para a identificação das estratégias e dificuldades dos alunos, sendo que a lógica de julgamento armazenada na aplicação corresponde ao método de identificação de evidências de estratégias cognitivas resultado da pesquisa de doutorado realizada.

Em resumo, o método de identificação de evidências de estratégias cognitivas via appAAP ocorre da seguinte forma: docente cadastra e libera as situações-problema para cada turma e cada estudante após registrar-se no appAAP, acessa a ferramenta e sua turma, seleciona uma situação-problema e tenta resolvê-la podendo buscar ajudas na ferramenta. O sistema armazena a lista de ajudas consultadas na questão pelo aluno, a lista de procedimentos associados a cada ajuda (inclusive os repetidos) e monta uma lista dos procedimentos repetidos nas ajudas e a exibe ao aluno. Quando aluno não pede ajuda, o sistema mostra a lista padrão de procedimentos de cada situação-problema que se constitui automaticamente com aqueles que se vinculam a apenas uma estratégia. Destaca-se que se o aluno solicitar ajudas e nessas não se identificarem procedimentos repetidos é sinal

de que o aluno buscou poucas ajudas ou buscou ajudas de modo aleatório, ou seja, uma busca exploratória durante a resolução da situação-problema, mas sem ter ideia do que realmente estaria sendo exigido e, nesse caso, o sistema também utilizará a lista padrão.

Com isso, o estudante seleciona entre os procedimentos da lista gerada pela ferramenta aqueles que acredita ter realizado efetivamente. Depois, o sistema analisa o conjunto de procedimentos selecionados pelo aluno e verifica, para cada procedimento efetivo, quais as estratégias que eles estão associados. Esse julgamento acerca da estratégia desenvolvida pelo aluno considera o grau de complexidade informado para a estratégia no momento do cadastramento no appAAP e a vinculação dos procedimentos pertinentes, tendo em vista que estratégias mais complexas englobam também procedimentos específicos mais complexos, no caso desse estudo, mais algébricos.

Junto à estratégia identificada, o sistema exibe ao aluno a resposta esperada para a situação-problema e solicita que ele avalie o grau de similaridade entre a estratégia mostrada e a realizada por meio de uma escala do tipo likert de cinco pontos. Ainda, o estudante pode enviar, ao professor, comentários sobre a resolução, dúvidas adicionais etc. por meio de caixa de texto disponibilizada na aplicação. E, por fim, pode-se retornar à uma questão respondida, visualizá-la e ter acesso à sua resposta e à estratégia apontada pelo appAAP. Com esses dados, o sistema elabora relatório ao professor contendo ainda a lista de ajudas consultadas a qual fornece, desta forma, a indicação de possíveis dificuldades de cada estudante acerca dos conceitos e procedimentos tentados e da habilidade de vincular o procedimento aos conceitos pertinentes e executá-los com competência reconhecendo sua aplicação (ou não) diante da situação-problema avaliada.

Apresentações detalhadas acerca das funcionalidades disponíveis no appAAP módulos estudante e docente, com as telas de cada etapa de navegação pelo appAAP de cada um dos usuários (estudante ou docente) podem ser acessadas pelos QRCode disponíveis na Figura 1.



Figura 1. QRCode para acesso à apresentação dos módulos do appAAP

6. Considerações finais e contribuições do estudo

A pesquisa de doutorado [Molon 2022] que originou este artigo considerou que a investigação dos raciocínios utilizados e das relações lógicas estabelecidas pelos estudantes nas atividades que lhes são propostas fornece evidências das estratégias cognitivas que elaboram e que a identificação desses elementos pode subsidiar os processos de ensino e de aprendizagem, bem como colaborar para a realização de uma avaliação mais direcionada a cada estudante.

Um vasto estudo bibliográfico antecedeu a pesquisa empírica na busca pelos

elementos que poderiam ser considerados enquanto evidências das estratégias cognitivas em elaboração por cada sujeito perante uma situação-problema. Por meio de entrevistas baseadas no método clínico, delineou-se um mecanismo para identificar evidências de estratégias cognitivas utilizadas por estudantes durante a resolução de problemas matemáticos, vinculados ao pensamento algébrico, considerando três categorias de elementos: estratégias, dúvidas e impasses que, associados à análise dos procedimentos e conceitos utilizados pelos estudantes, resultaram na elaboração de modelos de avaliação para cada situação-problema.

De posse desses modelos, constituiu-se o modelo padrão baseado nos fundamentos teóricos dessa pesquisa, que contou com os seguintes elementos: Procedimentos (Pi) tentados ou realizados pelos estudantes, Dicas de resolução (DRi) geradas a partir das estratégias identificadas; Perguntas e respostas norteadoras (PNi) oriundas das dúvidas e Questionamentos Reflexivos (QRi) originados dos impasses enfrentados pelos estudantes durante o processo de resolução de cada situação-problema. A partir de então e da análise da codificação dos elementos gerados nas entrevistas elaborou-se e implementou-se no appAAP um método de identificação de evidências das estratégias cognitivas elaboradas pelos estudantes.

O Aplicativo de Apoio à Ação Pedagógica (appAAP) é uma aplicação web concebida como um recurso para auxiliar professores a identificar evidências de estratégias cognitivas elaboradas por estudantes durante a resolução de situações problema (voltadas ao conhecimento algébrico, a partir da análise dos caminhos percorridos por cada estudante, gerando relatórios que direcionem à identificação de dificuldades específicas do aluno, podendo ser usado como instrumento de avaliação mediadora. Para tanto, o appAAP também adquiriu uma segunda funcionalidade: servir de espaço para que estudantes busquem auxílios direcionados às suas dúvidas durante as tentativas de resolução de situações-problema, oferecendo também apoio à aprendizagem durante o processo.

A utilização da tecnologia como apoio à ação pedagógica e para auxílio na realização da avaliação do processo de aprendizagem foi pressuposto fundamental para a realização do presente estudo. O uso de um recurso tecnológico, estruturado sob o modelo desenvolvido, pode contribuir de forma significativa para uma prática pedagógica mais centrada no aluno. Os resultados obtidos apontam que o procedimento delineado e implementado na aplicação tecnológica representa uma fonte de coleta de evidências das estratégias cognitivas utilizadas pelos estudantes durante a resolução dos problemas propostos. Assim, o appAAP pode ser considerado um instrumento de apoio à ação docente, útil para embasar o direcionamento das atividades pedagógicas às necessidades dos estudantes.

Salienta-se que a utilização de ferramentas digitais no processo de avaliação da aprendizagem dos estudantes ganhou ainda mais força durante a pandemia de Covid-19. Com a necessidade de distanciamento físico e o ensino remoto emergencial ficou mais evidente que o professor precisa ter a disposição instrumentos para acompanhar a aprendizagem dos estudantes e poder auxiliar em suas dificuldades, uma vez que o contato aluno-professor ficou bastante prejudicado durante o período pandêmico. Desse modo, uma ferramenta com a proposta do appAAP poderá ser de grande auxílio nos processos de ensino e de aprendizagem.

Outras contribuições do presente estudo referem-se ao próprio processo de doutoramento da autora, que fez nascer uma pesquisadora-professora ou uma professora-pesquisadora. Uma pesquisadora que enxerga o fruto da sua pesquisa aplicado à sua sala

de aula, à sua prática e como contribuição importante para a educação, de modo geral. A intenção primária desse estudo era buscar instrumentos que pudessem auxiliar no trabalho docente, mas que também pudessem ter significado e valia para os estudantes. Acredita-se que essa intenção tenha se concretizado com o appAAP, já que a ferramenta pode se constituir como um espaço de estudo e de busca por ajudas para a resolução de problemas e, assim, contribuir com a aprendizagem dos estudantes e a superação de uma perspectiva avaliativa pautada apenas na atribuição de notas, uma avaliação que vá muito além da mera verificação de acertos e erros.

Referências

- Angoff, W. H. (1971) “Scales, Norms, And Equivalent Scores”, In: R. L. Thorndike (Ed.), Educational Measurement, American Council On Education, Washington.
- Almeida J.R. E Santos, M. C. S. (2017) “Pensamento Algébrico: Em Busca De Uma Definição”, Revista Paranaense De Educação Matemática (RPEM), Campo Mourão, PR, V.6, N.10, P. 34-60.
- Barbosa, S. D. J. e Silva, B. S. (2010) “Interação Humano-Computador”, Elsevier, Rio De Janeiro.
- Brooke, J.et al. (1996) “Sus: A Quick And Dirty Usability Scale: Usability Evaluation”, In: Industry, London.
- Csapó, B. e Molnár, G. (2017) “Potential For Assessing Dynamic Problem-Solving At The Beginning Of Higher Education Studies”. *Frontiers In Psychology*. V. 8, p.1-12.
- Gray, D. E. (2012) “Pesquisa No Mundo Real”, Penso, Porto Alegre, RS.
- Greiff, S., Niepel, C., Scherer, R., and Martin, R. (2016). Understanding students’ performance in a computer-based assessment of complex problem solving: analysis of behavioral data from computer-generated log files. *Comput. Hum. Behav.*, 61, 36–46.
- Hoffmann, J. (2018) “Avaliação Mediadora: Uma Prática Em Construção Da Pré-Escola À Universidade”, Mediação, Porto Alegre, RS.
- Inhelder, B. (1978) “Las Estratégias Cognitivas: Aproximacion Al Estúdio De Los Procedimientos De Resolucion De Problemas. Tradiccion De César Coll. Facultad De Psicologia Y Ciencias De La Educación”, Universidad De Ginebra, Anuário De Psicologia, Genebra.
- Molon, J. (2022). “Identificação de estratégias cognitivas elaboradas por estudantes na resolução de situações-problema em matemática por meio de uma ferramenta digital”, Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias da Educação, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Ori.: Franco, Sérgio Roberto Kieling, Porto Alegre, BR-RS.
- Molon, J., Nicolao, M. E Franco, S. R. K. (2020) “Ferramentas Digitais Para A Avaliação Do Processo De Aprendizagem: Um Mapeamento Sistemático Da Literatura”, *Renote*, Porto Alegre, V. 18, P. 501-510.
- Nielsen, J. (1993) “Usability Engineering”, Academic Press, San Diego.
- Perrenoud, P. (1999) “Construir As Competências Desde A Escola”, Artes Médicas Sul, Porto Alegre, RS.
- Perrenoud, P. (2007) “Avaliação: Da Excelência À Regulação Das Aprendizagens: Entre

- Duas Lógicas”, Artmed, Porto Alegre, RS.
- Pestana M. I. G. Et Al. (1999) “Matrizes Curriculares De Referência Para O SAEB”, Inep, Brasília.
- Piaget, J. (1976) “A Equilibração Das Estruturas Cognitivas: Problema Central Do Desenvolvimento”, Zahar, Rio De Janeiro.
- Piaget, J. (1982) “O Nascimento Da Inteligência Na Criança”, Zahar, Rio de Janeiro.
- Piaget, J. et al. (1995) “Abstração Reflexionante: Relações Lógico-Aritméticas E Ordem Das Relações Espaciais”, Artes Médicas, Porto Alegre.
- Pressman, R.S. e Maxim, B. R. (2016) “Engenharia De Software: Uma Abordagem Profissional”, Tradução De João Eduardo Nóbrega Tortello. AMGH, Porto Alegre, RS.
- Santos, P.; Cook, J.; Hernández-Leo, D. (2015) “M-Assist: Interaction And Scaffolding Matters In: Authentic Assessment. Educational Technology & Society, v.18, 33–45.
- Saputra, I.; Budiyanto, C. e Hatta, P. (2017) “The Development of a Competency Testing Systems: Adopting TAM to Explore User’s Acceptance”. IJIE, Indonesian.
- Sharp, H. Rogers, Y. e Preece, J. (2007) “Interaction Design: Beyond Human Computer Interaction’, John Wiley & Sons, England.
- Steif, P. S.; Fu, L. e Kara, L.B. (2016) “Providing Formative Assessment to Students Solving Multipath Engineering Problems with Complex Arrangements of Interacting Parts: an Intelligent Tutor Approach”. Interactive Learning Environments, UK, v.24.