

DATAVIEWER: UMA PROPOSTA DE UMA FERRAMENTA PARA A EDUCAÇÃO 4.0

Luana Fernandes dos Santos¹; Renata Pitta Barros²; Igor Rosberg de Medeiros Silva³; Ian Antonio Fonseca Araújo⁴; Lucas Augusto Spinola Pinto⁵; Orivaldo Vieira de Santana Júnior⁶

Resumo

O objetivo deste trabalho é propor uma ferramenta de análise de dados, denominada Dataviewer, que utiliza Mineração de Dados Educacionais com o intuito de apresentar informações relevantes para o universo didático, de forma a contribuir com a implementação da educação 4.0, visando o acompanhamento e personalização do processo acadêmico e a oferta de conhecimento para tomada de decisões pedagógicas de forma estratégica. Para isso, foi realizada uma pesquisa exploratória, iniciando com o processo de ideação da plataforma, sendo realizada com base na revisão da literatura e entrevistas com professores. Em seguida, deu-se início ao processo de levantamento dos requisitos, sendo materializados através da prototipagem, fase que possibilitou a validação da pesquisa, e depois a implementação da solução. Os resultados demonstram que a ferramenta proposta contribui para o processo de ensino e aprendizagem, principalmente através de avaliações diagnósticas; colabora para a implementação de estratégias pedagógicas; auxilia positivamente na evolução acadêmica dos estudantes possibilitando a personalização do ensino e avaliação contínua com histórico da jornada de aprendizagem de cada aluno./.

Palavras-chave: indústria 4.0; educação 4.0; mineração de dados educacionais.

Abstract

The objective of this work is to propose a data analysis tool, called Dataviewer, which uses Educational Data Mining with the aim of presenting relevant information for the didactic universe, in order to contribute to the implementation of education 4.0, changes to monitoring and personalization of the academic process and the provision of knowledge for strategic pedagogical decision-making. To this end, exploratory research was carried out, starting with the platform ideation process, based on a literature review and interviews with teachers. Then, the requirements gathering process began, being materialized through prototyping, a phase that enabled the validation of the research, and then the implementation of the solution. The results demonstrate that the proposed tool contributes to the teaching and learning process, mainly through diagnostic assessments; collaborating to implement pedagogical strategies; positively assists in the academic development of students by enabling the personalization of teaching and continuous assessment with a history of each student's learning journey.

Keywords: industry 4.0; education 4.0; educational data mining.

¹ Mestra em Ciência, Tecnologia e Inovação pela Universidade do Rio Grande do Norte-UFRN, analista em redes e comunicação de dados no Instituto Internacional de Física IIF/UFRN. E-mail: luanafs.info@gmail.com.

² Doutora em Engenharia Elétrica e de Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN, aluna-pesquisadora regular do Programa de Pós- Graduação em Engenharia Elétrica e Computação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN. E-mail: repitta@gmail.com.

³ Doutor em Ciência de Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN. E-mail: igorosbergster@gmail.com.

⁴ Graduado em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN. E-mail: ian.fonseca.115@ufrn.edu.br.

⁵ Graduando em Engenharia de Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN. E-mail: lucas.spinola.712@ufrn.edu.br.

⁶ Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Pernambuco-UFPE, professor da Escola de Ciências e Tecnologia-ECT/UFRN e do Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação (PPgCTI) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN. E-mail: orivaldo@gmail.com.

Introdução

A utilização de softwares e a variedade de aplicações empregadas no universo didático proporcionou um vasto armazenamento de dados. Para realizar descobertas nesses dados armazenados durante anos e para ampliar a compreensão de questões educacionais, surge a Mineração de Dados Educacionais (MDE). Essa é uma área emergente de pesquisa interdisciplinar, que utiliza algoritmos estatísticos, de aprendizado de máquinas e de mineração de dados (Romero; Ventura, 2010).

A MDE tem apresentado subsídios quanto ao fornecimento de informações relevantes para os diversos atores educacionais, conforme os seus objetivos. Consequentemente, vem possibilitando melhorias nas práticas educacionais, seja na forma de ensino, como no processo de aprendizagem, além de possibilitar tomadas de decisões pedagógicas de forma estratégica e viabilizar a personalização do ensino, convergindo com as exigências da educação 4.0.

O conceito Educação 4.0 surgiu através da denominada 4ª Revolução Industrial, indústria 4.0. Nesta nova revolução, as tecnologias evoluem em nível exponencial e têm sido consideradas disruptivas como: a inteligência artificial, robótica, a internet das coisas, veículos autônomos, biotecnologia e nanotecnologia, impressão 3-D, ciência dos materiais, computação quântica e armazenamento de energia (Diwan, 2017).

A utilização dessas novas tecnologias e as demandas na indústria 4.0 acaba por exigir novas forças de trabalho, treinamentos e mudanças no sistema educacional. Assim, a Educação 4.0 vem como uma resposta às necessidades da indústria 4.0, onde humanos e tecnologia estão alinhados para permitir novas possibilidades (Hussin, 2018). Nesse sentido, os alunos devem acompanhar as mudanças para serem competitivos, de forma a obter habilidades, tais como: criatividade e inovação, para responder às mudanças sociais atuais (Puncreobutr, 2016).

A educação 4.0 ainda defende o conceito do aprendizado através da prática, possibilitando ao discente assumir o papel de protagonista, enquanto o docente assume função de gestor/mediador. Além disso, esse novo ambiente reconhece que os alunos são singulares, podendo aprender e absorver diferentes áreas do conhecimento de maneira distinta, em vez de ensinar um conjunto de informações predefinidas (Führ, 2018).

Diante desse novo cenário, as instituições de ensino têm tido a necessidade de recorrer a recursos tecnológicos, visando o aprimoramento do ensino e atendimento às exigências do novo mercado apresentado pela indústria 4.0 (Mourtzis *et al.*, 2018), visto que um dos maiores riscos para a indústria 4.0 consiste na falta de qualificação dos funcionários (Sari *et al.*, 2020).

No entanto, a maioria dos sistemas de educação atuais ainda são como no século XIX, um “Modelo de fábrica” de educação em que todos os alunos são forçados a aprender na mesma velocidade, da mesma forma, no mesmo lugar e ao mesmo tempo. As escolas adotam uma abordagem de “linha de montagem”, passando as crianças de série por nota a cada ano, em grande parte independentemente de terem ou não absorvido o que foi ensinado (Lee, 2018). As escolas que estão à frente desta realidade ainda têm dificuldades para encontrar ferramentas que acompanhem o aprendizado do aluno de forma contínua e automatizada.

Diante desta situação, o presente trabalho tem por objetivo propor uma ferramenta de análise de dados, denominada de DataViewer, que utiliza MDE com o intuito de apresentar informações relevantes para o professor e aluno, de forma a contribuir com a implementação da educação 4.0. A plataforma digital fornece uma visão geral para o professor sobre o aprendizado dos seus alunos em tempo real através de um dashboard. Enquanto que no ambiente do aluno são fornecidos feedbacks quanto à assimilação do conteúdo e funcionalidades que estimulam o aprendizado de forma personalizada.

Neste primeiro momento, o sistema DataViewer utilizou dados armazenados no software de ensino de programação chamado LOP, utilizado na Escola de Ciência e Tecnologia (ECT), na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), que possibilita a realização de exercícios e provas. Dessa forma, a indústria 4.0 vem exigir novas forças de trabalho e para atender a essa nova demanda, se faz necessário uma transformação no processo de ensino e aprendizagem, resultando na Educação 4.0 que deixa a padronização para dar espaço a personalização, sendo conduzida para resolução de problemas, inovação e criatividade, surgindo a exigência de novas habilidades por parte dos professores e alunos. Nesse novo contexto, o docente deixa de ser a figura principal e detentor do conhecimento para ser um gestor/orientador da aprendizagem, enquanto o discente passa de consumidor do conhecimento para produtor.

Portanto, ter uma ferramenta que auxilia nesse processo de adequação a esse novo cenário pedagógico é importante, pois auxilia os professores e alunos a alcançarem os propósitos exigidos na Educação 4.0. A utilização da MDE para extrair informações significativas através das bases de dados contribui para um processo de ensino e aprendizagem baseado em fatos reais, não sendo conduzido apenas pela intuição, possibilitando uma otimização do tempo do professor para se dedicar aos seus alunos, guiando o conhecimento de acordo com as particularidades de cada um.

1 Desenvolvimento

A plataforma digital DataViewer tem por finalidade ser uma ferramenta auxiliar para os alunos e professores, com o intuito de fornecer informações importantes, fazendo uso de técnicas de MDE, para contribuir com a implementação da educação 4.0, otimizando e personalizando o processo de ensino e aprendizagem.

No primeiro momento, a exploração dos dados foi realizada através do sistema LoP, que é um ambiente para execução de exercícios e provas de disciplinas de programação. Atualmente, o sistema conta com 387 turmas, 86 professores cadastrados e 9858 alunos, atendendo as disciplinas de Lógica de Programação, Linguagem de Programação e Computação Numérica. O sistema LoP, inicialmente, passou a ser utilizado pela Escola de Ciências e Tecnologia - ECT/UFRN, porém hoje conta também com turmas do departamento do Instituto Metrópole Digital - IMD/UFRN, turmas da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB e Universidade Federal do Pernambuco - UFPE.

A escolha do software LoP se deu por ser uma ferramenta utilizada no ensino superior, pois a adaptação desse nível de ensino para atender aos requisitos da indústria 4.0 consiste em uma das tarefas mais importantes (Çoşkun; Kayikci; Gençay, 2019). Além disso, optou-se pelo LoP devido à facilidade para se ter acesso aos dados e porque a maioria das turmas cadastradas no sistema são extensas (em média 100 alunos por turma), acreditando que através da ferramenta proposta será possível auxiliar os professores quanto à personalização do ensino e otimização do tempo.

O processo de extração de dados com o intuito de transformá-los em informações úteis para o ambiente educacional vai em encontro aos objetivos da MDE, que consiste na detecção de padrões sobre o comportamento dos alunos, instrutores e ambiente de aprendizagem (Larose, Larose, 2014). Desse modo, através dessas descobertas, é possível auxiliar na mitigação da evasão, personalizar o ensino e fornecer feedbacks mais rápidos.

A partir das informações armazenadas no sistema LoP, foi possível desenvolver a ferramenta DataViewer, que visa demonstrar de forma simplificada os padrões descobertos através de um dashboard voltado para o professor, com a finalidade de servir como subsídio para tomada de decisões e implementação de estratégias educacionais; enquanto para o aluno foi proposto um ambiente web com a finalidade de demonstrar a situação dos discentes nas disciplinas e visando estimular o aprendizado de forma personalizada.

No que tange a metodologia da presente pesquisa, em relação aos objetivos é caracterizada como sendo exploratória. O objetivo fundamental desse tipo de pesquisa consiste em descrever ou caracterizar a natureza das variáveis que se pretende conhecer (Sari *et al.*, 2020). Para o processo de desenvolvimento da ferramenta, primeiramente foi feita uma revisão da literatura e entrevista com os docentes para identificar os requisitos do sistema. A partir disso, houve também um estudo sobre a base de dados do sistema LoP, para selecionar os dados relevantes. Em seguida, foi realizada a modelagem do sistema. No final desta fase, foi aplicado um questionário aos docentes para saber se o sistema proposto atendia aos objetivos determinados. Iniciou-se também a fase de implantação, onde o pré-processamento dos dados selecionados foi realizado e, a partir disso, foram gerados os gráficos da ferramenta DataViewer.

Vale lembrar que a ferramenta proposta neste trabalho poderá ser aplicada em todos os níveis de ensino, além de permitir a sua aplicação em outras áreas do conhecimento e ambientes, desde que o processo de pré-processamento seja feito.

Um resultado importante foi a concepção da plataforma Dataviewer. Esta plataforma tem por objetivo analisar dados e transformá-los em informações úteis para o processo de ensino e aprendizagem. A ferramenta abordada pode contribuir com um melhor acompanhamento da avaliação contínua e a aplicação dos conceitos da educação 4.0, podendo ser utilizada tanto no ensino presencial como remoto.

Nesta fase inicial, optou-se por contemplar dois tipos de atores educacionais: alunos e professores. Então, foram criados dois tipos de ambientes para atendê-los de acordo com os seus objetivos. A motivação da escolha dos parâmetros de cada ambiente foi influenciada através dos estudos que elencaram quais informações educacionais a aplicação e/ou envolvimento de MDE pode auxiliar, de acordo com a missão, visão e objetivos de cada grupo (Romero; Ventura, 2010).

Neste sentido, no contexto do aluno, pensou-se em enfatizar um ambiente que proporcionasse o acompanhamento do desempenho nas listas de exercícios e nas avaliações aplicadas ao longo das disciplinas, proporcionando um feedback mais rápido. Além disso, foi proposto um ambiente de sistema de recomendação de vídeos e textos de acordo com a dificuldade de cada aluno, visando o incentivo e aprimoramento do aprendizado de forma personalizada.

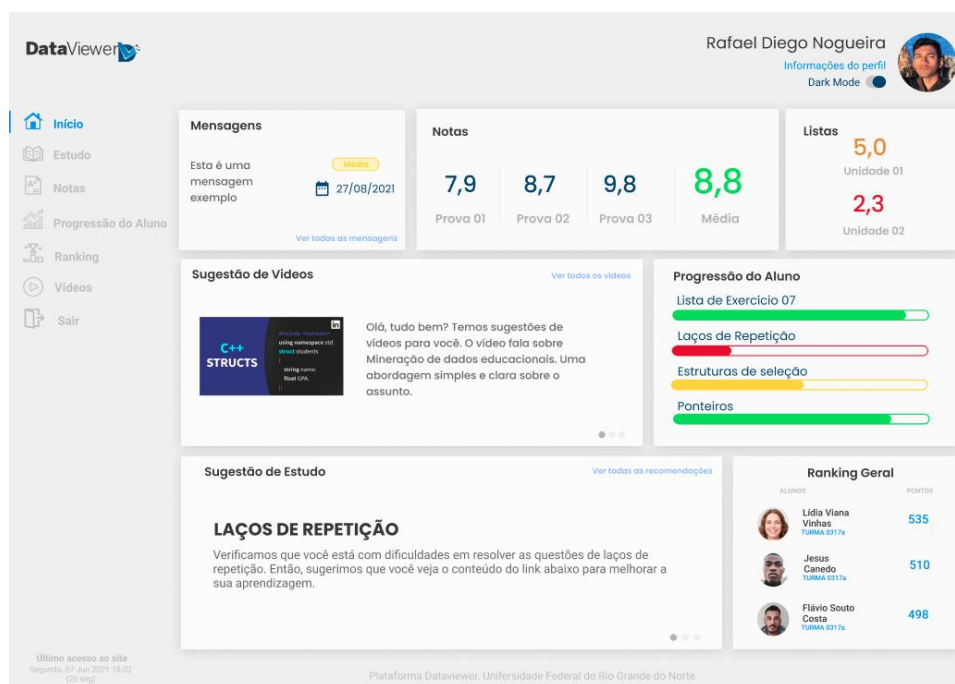
Em relação ao professor, foi dado ênfase na visualização e na predição do desempenho dos discentes nas disciplinas, através dos exercícios e provas realizadas no sistema. Assim, a abordagem desse ambiente pode contribuir com a identificação de alunos em risco de insucesso

(reprovação e/ou evasão) e do nível de aprendizagem da turma ou por aluno. Este cenário permite um acompanhamento automatizado, sendo possível analisar a aprendizagem e comportamento dos discentes, auxiliando o professor para que se possa aplicar possíveis intervenções pedagógicas de forma estratégica. A partir dos estudos realizados, foi possível determinar os requisitos funcionais e não funcionais do sistema, até chegar na solução proposta que será detalhada nesta seção.

A proposta do sistema Dataviewer consiste em uma ferramenta de análise de dados que utiliza dados coletados nas plataformas clientes para gerar informações úteis para o contexto educacional. Neste estudo, utilizamos o sistema LoP como plataforma cliente. Então, primeiro se faz uma análise dos dados coletados nos sistemas clientes e se aplica as etapas da mineração de dados, que de acordo com o método Cross-Industry Standard Process of Data Mining (CRISP-DM), tem-se as seguintes etapas: entendimento dos negócios, entendimento dos dados, preparação dos dados, modelagem, avaliação e a fase de implantação (Larose; Larose, 2014).

A ferramenta DataViewer foi desenvolvida como uma plataforma Web, podendo ser utilizada com qualquer dispositivo e a qualquer momento, desde que se tenha acesso à internet e um navegador Web. Inicialmente, a plataforma foi pensada para atender as disciplinas do ensino presencial, mas devido a pandemia (covid-19) o objetivo foi ampliado para atender também ao ensino remoto.

Figura 1 - Tela Inicial do Sistema Dataviewer para o Aluno (nomes e imagens fictícios).



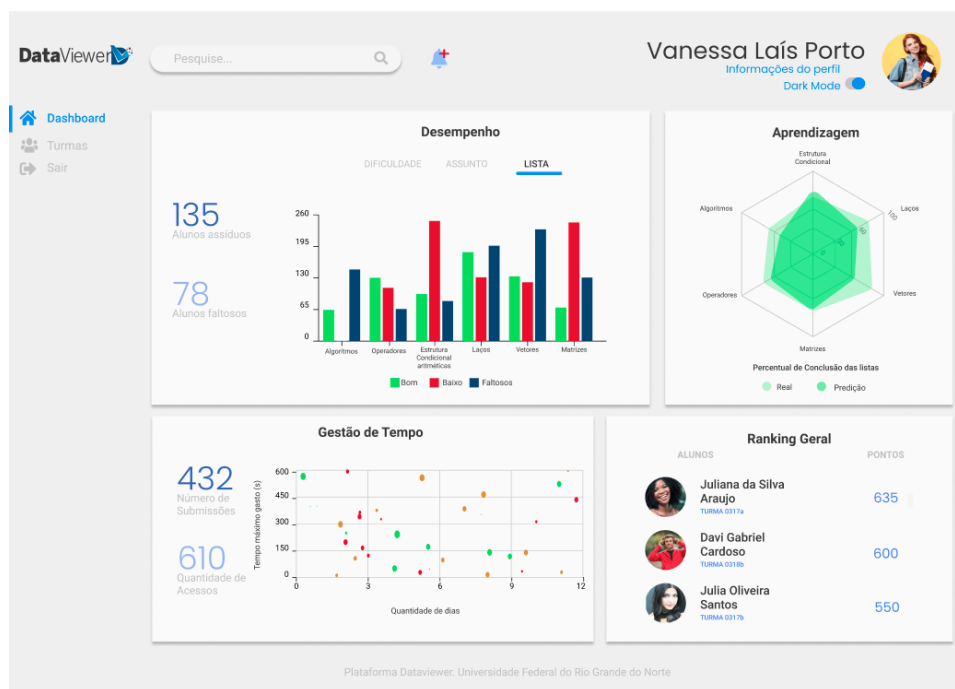
Fonte: Os próprios autores.

A Figura 1 apresenta a tela inicial do Dashboard Dataviewer voltado ao aluno.

- **Notas/Listas:** o usuário consegue obter informações sobre desempenho nas listas de exercícios e desempenho nas provas realizadas via sistema. Uma vez clicando nesse campo, é mostrado de forma detalhada a composição do desempenho para cada lista e provas. Com isso, o discente possui um `\textit{feedback}` do seu desempenho geral na disciplina.
- **Mensagens:** Elaborou-se um campo destinado ao recebimento de avisos, observações do professor e alertas quanto ao prazo das atividades de forma personalizada. Apenas alunos que não concluíram uma atividade no prazo recebem o alerta de finalização. Essa mensagem é mostrada no sistema, bem como é enviada via email para os discentes.
- **Sugestões de Vídeos:** neste campo são sugeridos vídeos com assuntos em que o aluno tem tido mais dificuldade, utilizando para isso os conceitos de aprendizado de máquina, visando a melhoria do aprendizado.
- **Sugestões de Estudo:** propõe um sistema de recomendação de materiais educacionais de acordo com a dificuldade do discente no formato de texto e links. Pensou-se nesse formato também para ampliar as opções quanto aos estilos de aprendizagem de cada discente.
- **Progressão do Aluno:** pensado para que o aluno possa acompanhar a sua situação em termos de realização das questões nas listas e detectar em quais assuntos não está tendo um bom desempenho. As cores indicam: vermelho poucas questões finalizadas (0-30 %); amarelo (superior a 30 % até 60 %) da lista realizada; e verde (superior a 60 %).
- **Ranking Geral:** calculado através de uma pontuação, pré-determinada, demonstrando os 5 alunos com maior desempenho na disciplina.

A finalidade das funcionalidades mostradas é produzir um ambiente de acompanhamento e melhoria do aprendizado, permitindo aos discentes identificar em quais assuntos precisam melhorar e disponibilizar materiais de acordo com as suas dificuldades, ou seja, proporcionar um ambiente personalizado. Os campos de recomendação de conteúdos são pré-selecionados pelos docentes das disciplinas como forma de oferecer um maior apoio didático. Além disso, foi pensado na recomendação de vídeos e textos para que se pudesse ampliar e atender a alguns estilos de aprendizagem.

Figura 2 -Tela Inicial do Sistema Dataviewer para o Professor (nomes e imagens fictícios).



Fonte: Os próprios autores.

No que tange o protótipo do dashboard dos docentes, foi desenvolvido um dashboard geral para concentrar informações de todas as turmas em que o docente leciona e outro para filtrar informações de uma só turma. A tela inicial é mostrada através da Figura 2, após o professor ter realizado login, nela são mostrados os gráficos agrupados de acordo com o objetivo das investigações, como segue:

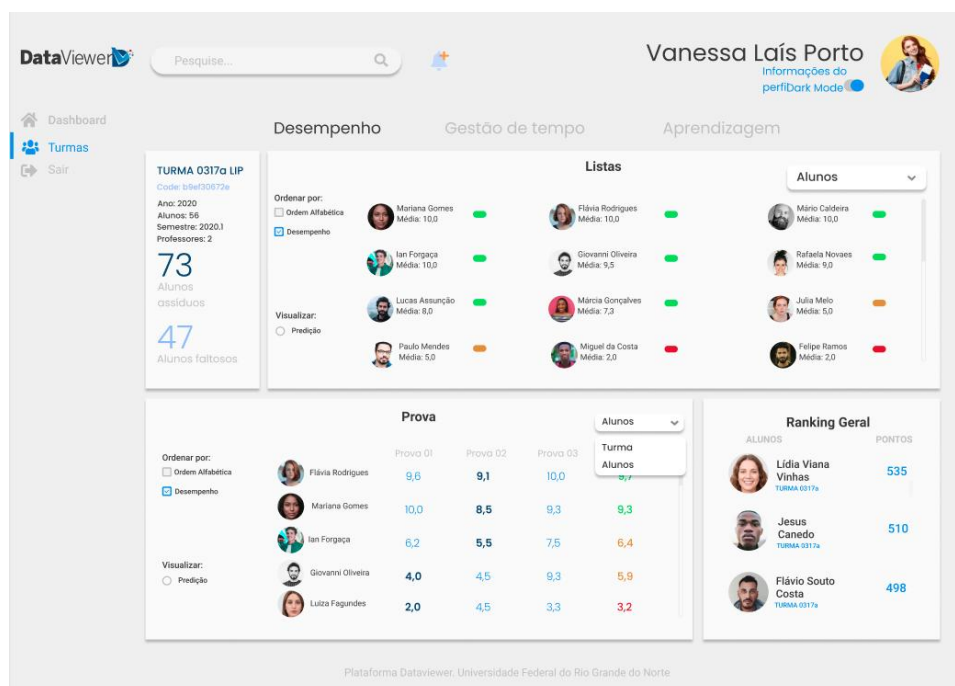
- **Desempenho:** ficam concentradas as investigações voltadas à performance dos alunos nas listas de exercícios e provas. O gráfico de barras mostra a proporção dos alunos que atingiram um bom desempenho (nota ≥ 7.0) e baixo desempenho (nota < 7.0). O gráfico de barras também mostra a quantidade de alunos faltosos que não realizaram a lista de exercícios. O professor pode optar em receber essas informações filtrando por listas, assuntos ou dificuldade das questões.
- **Ranking Geral:** semelhante ao dashboard dos alunos, em que destaca os cinco discentes que apresentaram um maior desempenho na disciplina. Através desse campo, o trabalho para identificar os alunos com melhor desempenho é facilitado, possibilitando ações como, por exemplo, a oferta de oportunidades de bolsas.
- **Gestão de tempo:** concentra as informações relacionadas a duração das sessões, acessos ao sistema e o tempo utilizado para fazer as questões, possuindo informações voltadas para a turma e para cada discente. No gráfico da tela principal, por exemplo, estão concentradas

informações da turma para identificar o turno de mais acesso à plataforma e a duração da sessão.

- Nível de aprendizagem da turma: é um quadro que contém informações a respeito das listas e provas cadastradas no sistema cliente, focado nos índices de erros e acertos das questões em relação às listas. Na tela principal, é mostrado um gráfico quanto a predição e o percentual de listas realizadas pelos alunos por assunto.

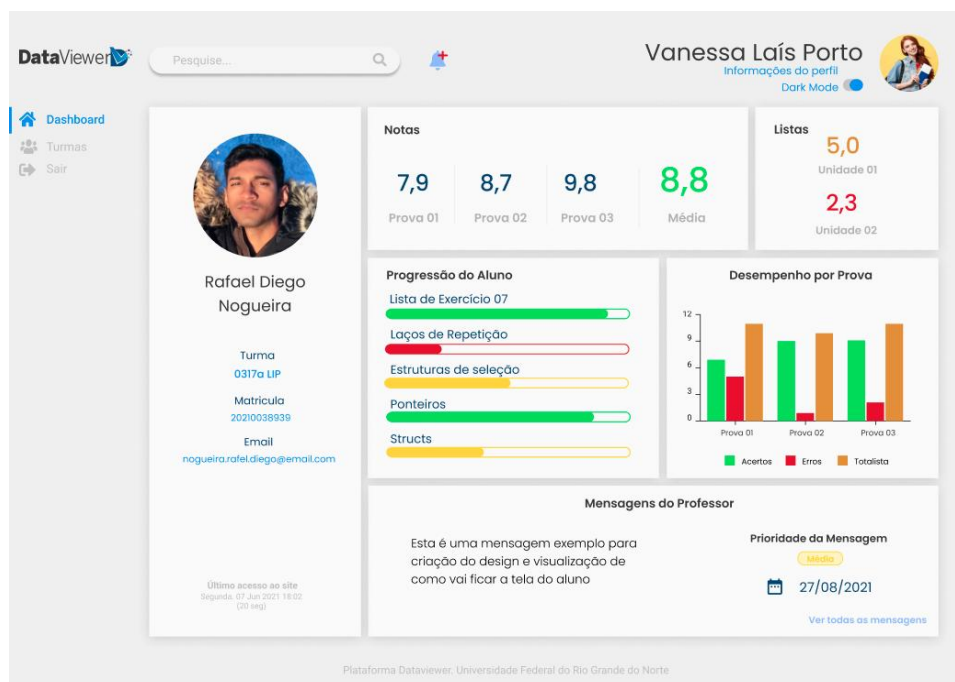
O docente pode filtrar informações de uma determinada turma clicando na aba "Turmas" e selecionando a turma desejada. Nesta aba é mostrado as mesmas informações do dashboard principal, porém, somente para a turma selecionada. Outra diferença entre as duas abas é que na aba Turmas o professor pode visualizar telas subsequentes, ao passo que na seção de Desempenho, por exemplo, é possível selecionar entre duas opções, sendo uma direcionada para a turma e outra para alunos. A aba Turma mostra o desempenho geral da turma com base nas listas de exercícios e provas, além de mostrar a predição do desempenho da turma, caso ela esteja habilitada.

Figura 3 - Tela de Desempenho Geral da Turma (nomes e imagens fictícios).



Fonte: Os próprios autores.

Figura 4 - Tela para quando clicar no nome de um discente (nomes e imagens fictícios).



Fonte: Os próprios autores.

Em relação à opção do aluno, tem-se uma lista dos nomes dos discentes da turma, a nota, a predição da nota e uma indicação de aprovado e reprovado, como forma de facilitar a visualização do professor, conforme mostra a Figura 3. Quando a nota for superior a 7, o discente é considerado como aprovado (sinalizado na cor verde) na disciplina; caso contrário considera-se reprovado (identificado pela cor vermelha). Esse valor é definido por padrão, mas pode ser alterado. Nesse quadro também é possível fazer uma ordenação dos dados por nomes dos discentes e notas. O campo busca também é importante, caso o professor queira visualizar os dados de um determinado aluno.

Se o professor sentir a necessidade de entender melhor o desempenho de um determinado discente, basta clicar no nome dele. Essa ação abre uma tela contendo informações de nota das listas e provas, índice de acertos e erros e a quantidade de tentativas por questão e a duração de utilização do sistema, conforme mostrado na Figura 4.

O campo Gestão do Tempo apresenta também subtelas, conforme mostra a Figura 5. Nessa tela é possível identificar o local de onde os acessos estão sendo realizados, com base no endereço IP. Através dessa informação é possível saber se o maior número de acessos ocorre dentro da universidade ou em um ambiente externo. É possível também visualizar a quantidade de tentativas por questões das listas de exercícios e a mensuração do tempo utilizado para solucionar cada uma das questões. Por fim, é possível fazer uma comparação por semanas, do tempo total utilizado e tentativas dos alunos. Com essas informações, os professores conseguem

estimar melhor o tempo de duração quanto à realização de uma prova ou prazo para entrega de listas de exercícios.

Figura 5 - Tela de Gestão do Tempo da Turma (nomes e imagens fictícios).



Fonte: Os próprios autores.

A tela sobre Aprendizagem mostra o índice de rendimento das turmas do professor e a quantidade de tentativas erradas ao longo dos semestres, podendo servir de indicador para análise de sucesso das intervenções pedagógicas por semestre. Também é possível visualizar o índice de acertos e erros das questões das listas e provas, com base no nível de dificuldade (fácil, médio e difícil). Por fim, o gráfico de Questões Destaques informa as questões com mais erros e acertos. Neste caso, o professor pode identificar quais os assuntos que precisam de maior atenção nas aulas e as questões que geraram uma maior dificuldade para a turma, sendo possível detectar o motivo pelo qual foi apresentada a dificuldade, se pela aprendizagem ou por uma má elaboração da questão, por exemplo.

Considerando as informações disponibilizadas pelo DataViewer, os professores podem analisar e acompanhar o aprendizado dos alunos, detectar os que precisam de uma maior atenção (que estão indo para o insucesso na disciplina), identificar a predição do desempenho dos discentes e constatar os erros cometidos com mais frequência. Além disso, também é possível estimar um tempo melhor para a execução das provas e verificar o tempo disponibilizado pelo discente na disciplina.

Atualmente, a plataforma DataViewer está em fase de desenvolvimento. No entanto, a etapa da prototipagem foi de fundamental importância, pois possibilitou demonstrar os requisitos iniciais estabelecidos, antecipar as características da interface para aprovação e

proporcionar aos usuários o entendimento e escolha das melhores funcionalidades para implementação no sistema. Vale salientar que esse processo de criação de protótipos pode ser feito sempre que necessário e possuir diversas versões ao longo do projeto.

2 Conclusão

Este trabalho propõe uma ferramenta de análise de dados, denominada DataViewer, que utiliza Mineração de Dados Educacionais com o intuito de apresentar informações relevantes para o universo didático, de forma a contribuir com a implementação da educação 4.0. Através de uma série de gráficos, o DataViewer possibilita o acompanhamento e personalização do processo acadêmico, e a oferta de conhecimento para tomada de decisões pedagógicas de forma estratégica.

O DataViewer é aplicável em todos os níveis educacionais e modalidades de ensino, dependendo do software que fornecerá os dados. Como forma de validação, o sistema denominado LOP, usado na ECT/UFRN para ensino de programação, foi utilizado como o primeiro software cliente da plataforma DataViewer.

Através de uma pesquisa exploratória, iniciada com o processo de ideação da plataforma, baseada na revisão da literatura e entrevistas com professores, concluiu-se que o DataViewer contribui no processo de ensino aprendizagem, provendo dados para avaliações diagnósticas, personalização do ensino, facilitando o acompanhamento da evolução acadêmica dos alunos, possibilitando a identificação dos conteúdos que geram dificuldade no processo de ensino aprendizagem.

Referências

ÇOŞKUN, S.; KAYIKCI, Y.; GENÇAY, E. Adapting engineering education to industry 4.0 vision. **Technologies**, v. 7, n. 10, p. 1-13, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/technologies7010010>. Acesso em: 16 dez. 2025.

DIWAN, P. **Is education 4.0 an imperative for success of 4th industrial revolution**. Medium, 2017. Disponível em: <https://medium.com/@pdiwan/is-education-4-0-an-imperative-for-success-of-4th-industrial-revolution-50c31451e8a4> . Acesso em: 16 dez. 2025.

FÜHR, R. C. O Dilúvio Digital e seus Impactos na Educação 4.0 e na Indústria 4.0. In: FOSSATTI, P.; JUNG, H.S. (Org.). *Investigação em Governança Universitária: memórias*. Canoas: Uninasalle, v. 2. p. 188-200. Disponível em: https://dspace.unilasalle.edu.br/bitstream/11690/1041/4/investigacao_em_governanca_universitaria_vol_2.pdf. Acesso em: 16 dez. 2025.

HUSSIN, A. A. Education 4.0 made simple: ideas for teaching. **International Journal of Education and Literacy Studies**, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 92–98, 2018. Disponível em: [10.7575/aiac.ijels.v.6n.3p.92](https://doi.org/10.7575/aiac.ijels.v.6n.3p.92). Acesso em: 16 dez. 2025.

LAROSE, D. T.; LAROSE, C. D. **Discovering knowledge in data: an introduction to data mining**. 2. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2014.

LEE, K-F. **AI superpowers: China, Silicon Valley, and the new world order**. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2018.

MOURTZIS, D. *et al.* Cyber-physical systems and education 4.0 – the teaching factory 4.0 concept. **Procedia Manufacturing**, v. 23, p. 129–134, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.04.005>. Acesso em: 16 dez. 2025.

PUNCREOBUTR, V. Education 4.0: new challenge of learning. **St. Theresa Journal of Humanities and Social Sciences**, v. 2, n. 2, p. 95–101, 2016

ROMERO, C.; VENTURA, S. Educational data mining: a review of the state of the art. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, v. 40, n. 6, p. 601–618, 2010. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5533952>. Acesso em: 16 dez. 2025.

SARI, D. C. *et al.* Personal competency readiness in facing industry 4.0 model. *In: 4th Bogor International Conference for Social Science 2020 (BICSS 2020)*, Jacarta, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Edy-Sitepu-2/publication/350074411_Personal_Competency_Readiness_In_Facing_Industry_40_Model/links/604f9d94299bf17367463a41/Personal-Competency-Readiness-In-Facing-Industry-40-Model.pdf. Acesso em: 16 dez. 2025.