

Uma Ferramenta baseada em Grafo para Identificação e Visualização de Trilhas de Aprendizagem

David Brito Ramos^{1,2}

¹Instituto de Computação (ICOMP) - Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
Manaus, AM, Brasil

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)
Parintins, AM, Brasil
+55(92)3305-2808
davidness@gmail.com

Ilmara M. M. Ramos^{1,2}

¹Instituto de Computação (ICOMP) - Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
Manaus, AM, Brasil

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)
Parintins, AM, Brasil
+55(92)3305-2808
ilmaramonteverde@gmail.com

Priscilla B. do Nascimento¹

¹Instituto de Computação (ICOMP) - Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
Manaus, AM, Brasil
+55(92)3305-2808

priscilla.batista18@gmail.com

Elaine H. T. de Oliveira¹

¹Instituto de Computação (ICOMP) - Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
Manaus, AM, Brasil
+55(92)3305-2808

elaine@icomp.ufam.edu.br

ABSTRACT

This work describes a tool for identification and representation of learning paths that shows a visualization of actions performed in AVA Moodle. The model extracts the data stored in database records and uses the structure of graphs as basis for modeling the information about the students learning paths and present them visually to teachers and tutors. The proposed tool was applied in two courses during one academic semester and proved promising in carrying out the monitoring of learners through a visual tool that aids in behavior analysis through learning paths.

RESUMO

Este trabalho descreve uma ferramenta de identificação e representação de trilhas de aprendizagem que apresenta uma visualização de ações realizadas no AVA Moodle. O modelo extrai os dados contidos nos registros do banco de dados e utiliza a estrutura de grafos, como base, para modelar as informações sobre as trilhas de aprendizagem dos alunos e apresentá-las visualmente aos docentes e tutores. A ferramenta foi aplicada em duas disciplinas, durante um semestre letivo e mostrou-se promissora em realizar o acompanhamento dos aprendizes por meio de uma ferramenta visual que auxilia na análise de comportamento por meio das trilhas de aprendizagem.

Descritor de Categorias e Assuntos

• **Applied computing-Learning management systems**

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

TISE, November 29–30, December 01, 2016, Santiago, Chile.

Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

• **Applied computing-E-learning** • **Human-centered computing-Information visualization** • *Applied computing-Distance learning*

Termo Gerais

Measurement, Design, Experimentation, Human Factors.

Palavras Chaves

Trilhas de Aprendizagem, Grafo, Moodle, Monitoramento, Visualização de Informação.

1. INTRODUÇÃO

Com o melhoramento das conexões e a ampliação do acesso à Internet, muitas pesquisas como em [1, 2, 3, 4, 5], têm voltado seus esforços para o melhoramento dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs). Estes coletam dados que podem ser úteis para definir o perfil e o comportamento do aprendiz, além de identificar suas dificuldades e necessidades, como em [6]. Uma das formas de acompanhamento do aprendiz pode ser realizada por meio da observação das ações que ele executa dentro do sistema, sendo que essas formam caminhos que são conhecidos como Trilhas de Aprendizagem (TAs).

Portanto, o problema abordado por esta pesquisa consistiu em como permitir ao professor (e tutor), que utiliza um AVA como ferramenta de trabalho, acompanhar os alunos, de forma visual, utilizando as trilhas de aprendizagem e como defini-las a partir das informações disponíveis no próprio ambiente virtual. Assim, a proposta foi criar um modelo de identificação e representação visual das trilhas de aprendizagem, baseado em grafos e fundamentado nas ações de interação de alunos utilizando o ambiente virtual de aprendizagem Moodle [6].

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta os trabalhos relacionados encontrados. A Seção 3 descreve a metodologia utilizada, a Seção 4 apresenta a ferramenta de acompanhamento virtual proposta. Na Seção 5 estão os resultados do uso da ferramenta em um ambiente real e em seguida, a conclusão.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Com a visualização das Trilhas de Aprendizagem, como em [7, 8, 9, 10], o professor pode ter uma visão geral e facilitada de sua turma. Os trabalhos [11, 12, 13, 14, 15] mostram que é possível utilizar informações sobre as TAs para a realização de ajustes nos AVAs.

Assim, ao analisar as trilhas de aprendizagem, o professor pode compreender o comportamento dos alunos [16], verificar suas contribuições no AVA, conforme [8], o seu processo de aprendizagem, segundo [10], e a maneira mais intuitiva é utilizando uma ferramenta visual. As TAs representam de forma natural o comportamento do aluno, pois elas são criadas sem interferências diretas do professor [17, 18].

Neste trabalho, o termo ‘trilhas de aprendizagem’ faz referência ao percurso que o aluno faz ao interagir com os recursos e atividades do AVA. Os trabalhos [17, 19] mostram que a principal forma de representação de TAs são os grafos, modelagem esta escolhida para a pesquisa, pois permite ao mesmo tempo, a criação de um modelo teórico que armazena adequadamente as informações sobre TA, quanto é capaz de representar visualmente de forma mais clara essas informações.

O Quadro 1 apresenta um comparativo dos trabalhos relacionados com este trabalho. Foram verificados: a técnica proposta para a representação das TAs; se há a possibilidade de aplicar a mesma técnica, mas em outro AVA; se a visualização é dividida em níveis; se o trabalho utilizou o Moodle para aplicar a proposta; se as TAs são apresentadas para alunos e professores, e; qual a visão de TA adotada nas pesquisas. Algumas informações não puderam ser identificadas nas publicações.

Quadro 1. Comparação entre trabalhos de visualização de trilhas de aprendizagem.

Trabalho	Tipo de Representação	Independente do AVA	Visualização multinível	Usados com Moodle	Exibido para o professor	Exibido para o aluno	Visão da trilha
[7]	BPMN	Não	Não	Não	Sim	Não	Docente e Discente
[8]	Diagrama de Gantt	-	Não	Não	Sim	Não	Discente
[9]	Cartografia	-	Sim	Não	Sim	Sim	Docente e Discente
[10]	Grafo	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Discente
Este trabalho	Grafo	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Docente e Discente

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica por meio de uma Revisão Sistemática de Literatura sobre TAs em AVAs, publicada em [17], e uma pesquisa de campo, onde foram coletados dados de um AVA, durante um semestre. Os dados das TAs foram analisados e organizados em tabelas virtuais que, posteriormente, geraram um modelo baseado em grafos. Em seguida, para analisar o modelo produzido pelo passo anterior e representar visualmente as trilhas de aprendizagem, desenvolveu-se uma ferramenta. Ela foi inserida no Moodle, na forma de *plugin*, onde foram analisados os seus efeitos.

3.1 Arquitetura do Trabalho

A Figura 1 representa a arquitetura do *plugin* Learning Path Graph (LPGraph). Os alunos interagem com o Moodle e os registros de suas ações ficam armazenados nos logs, a ferramenta coleta as informações do banco de dados do Moodle e gera tabelas virtuais (*views*) com base nos logs dos alunos, depois, ela organiza os dados da TA em um modelo baseado em grafos e; representa visualmente as TAs para o professor/tutor.

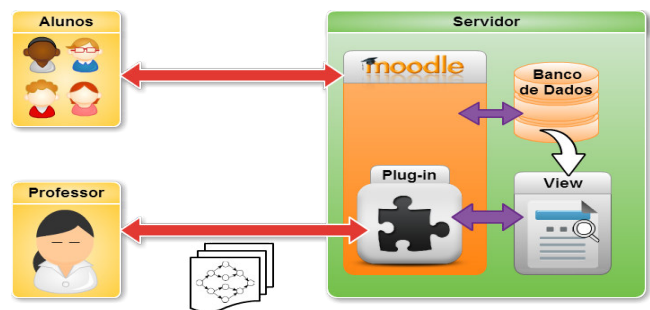


Figura 1. Arquitetura do LPGraph

A Figura 2 apresenta o modelo de trilha de aprendizagem concebido. Nele, cada recurso/atividade possui uma cor e o diâmetro de cada nó é proporcional ao número de visualizações (V). Os valores nas arestas indicam o número de vezes que o aluno percorreu de um nó A para um nó B e a seta indica o sentido dessa transição. As arestas verdes indicam a ordem da TA estabelecida pelo professor, já as arestas azuis indicam que o aluno avançou para uma próxima tarefa diretamente, e por fim, as arestas vermelhas indicam que um aluno retornou para um recurso ou atividade anterior.

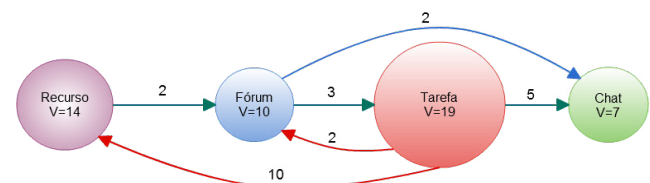


Figura 2. Modelo de Trilha Aprendizagem

As trilhas são formadas a partir do histórico de acesso do aluno, que fica armazenada no banco de dados do Moodle. Assim, é possível acompanhar a evolução da TA do aluno/turma ao longo do tempo e também analisar uma turma já encerrada.

4. A FERRAMENTA LPGRAPH

A ferramenta, nomeada como Learning Path Graph (LPGraph) está integrada ao Moodle na forma de *plugin*. A lógica da ferramenta foi dividida em três camadas: a base de dados, a estrutura de dados das TAs e a apresentação visual. A base de dados é composta pelo próprio banco de dados e pela criação das

tabelas virtuais. A estrutura simplificada faz uma síntese de todas as informações necessárias para a representação das TAs. Por fim, a representação visual foi projetada para que o usuário pudesse ver as trilhas de forma mais amigável e ter possibilidades de interação. O *plugin* LPGraph constitui-se de um bloco que ao ser clicado abre a ferramenta de visualização das trilhas de aprendizagem. No canto inferior direito da Figura 3, é apresentado o bloco de acesso ao LPGraph e ao centro está a tela do *plugin* LPGraph que está dividida em: seleção de dados, identificação dos dados selecionados, opções do grafo, grafo que representa as TAs, percentual das arestas e lista de recursos e atividades.

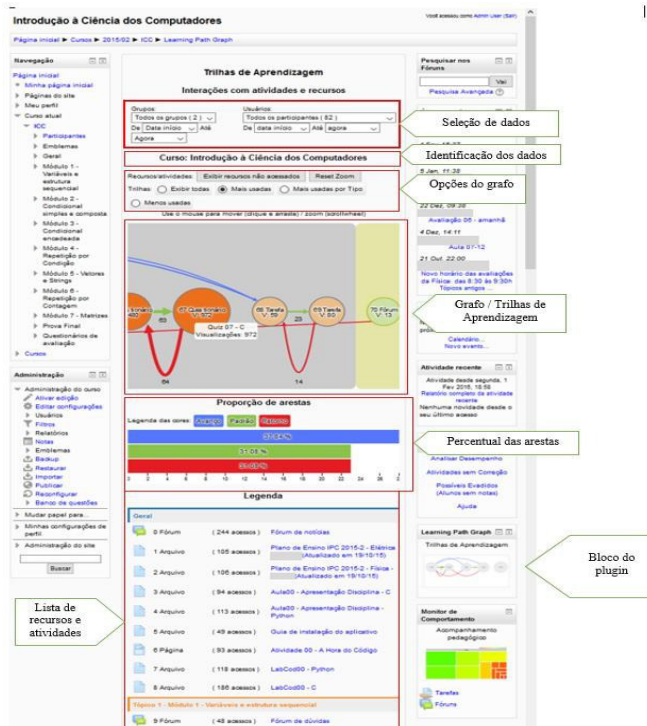


Figura 3. Parte da Tela do LPGraph

Como pode ser visualizado na Figura 3, os professores e tutores podem selecionar quais dados desejam utilizar para gerar o grafo das trilhas de aprendizagem:

- Grupos: dados de todos os grupos ou um grupo específico.
- Usuários: dados de todos os usuários ou de um usuário específico.
- De: estabelece a data de início do intervalo de dados.
- Até: estabelece a data final do intervalo de dados.

Uma vez que o professor/tutor tenha selecionado os dados que deseja visualizar, as informações coletadas são utilizadas para gerar um grafo onde os vértices indicam os recursos e as atividades do curso e as arestas representam a navegação entre eles.

Na Figura 3 pode-se observar que abaixo do grafo são indicadas as proporções de arestas. Estas podem assumir as cores: verde, azul e vermelha. As arestas verdes, classificadas com o nome de 'padrão', indicam que o aluno partiu de um recurso/atividade para o próximo, na ordem de conteúdo que o professor estabeleceu para o curso. Arestas azuis indicam que a aluno visualizou um recurso ou atividade mais à frente, por isso foi chamado de aresta

de avanço. As arestas vermelhas significam que o aluno retrocedeu a um recurso ou atividade anterior.

Também na figura 3, é possível visualizar abaixo da Proporção de arestas, a Legenda, esta descreve a lista de recursos e atividades acessados pelo discente bem como todos os tópicos do curso, cada tópico possui a mesma cor pela qual é representado no grafo e nele são apresentados os recursos e atividades, estes descritos por meio de: ícone, identificação numérica mais tipo do recurso/atividade, número de acessos e título do recurso ou atividade. Cada ícone aparece de acordo com o tipo de recurso/atividade, como por exemplo, para o 'fórum' aparecerá o ícone do fórum ou para 'arquivo' aparecerá o ícone correspondente ao arquivo. Os ícones são obtidos do próprio Moodle. A identificação numérica informa a sequência padrão em que os recursos e atividades foram disponibilizados no Moodle. Optou-se por começar a contagem de zero, pois, no contexto aplicado, obrigatoriamente todos os cursos possuem o Fórum de notícias, no qual apenas professores e tutores tem permissão para postar. Na sequência, aparece o tipo de recurso, que pode ser: 'fórum', 'arquivo', 'questionário', 'tarefa', o link para uma página externa ('URL'), entre outros disponíveis no Moodle. Em seguida, para cada recurso/atividade foi contabilizado o número de acessos. Depois aparece o título definido pelo professor para o conteúdo do curso que também serve de link de acesso direto para cada recurso ou atividade disponível.

4.1 Implementação da Representação Visual

Uma das vantagens da modelagem das trilhas de aprendizagens utilizando grafos, é que além da criação de uma estrutura simplificada também é possível representar visualmente as informações. Como as trilhas decorrem da interação do aprendiz com o AVA, um grafo evidencia melhor as TAs do que gráficos de barras, por exemplo. Portanto, neste trabalho, o grafo representa visualmente as trilhas de aprendizagem da seguinte forma: os vértices são as instâncias dos recursos e atividades do curso que estão visíveis para os alunos e as arestas representam a navegação do usuário entre um vértice e outro. A ferramenta visual é importante, pois facilita a interpretação dos dados.

Os vértices são representados por círculos coloridos: a cor da borda indica o tópico ao qual ele pertence; a cor interna indica o tipo de módulo (recurso/atividade) e está relacionada com as cores dos ícones do Moodle. Dentro do círculo aparecem três informações: **Ordem**, número que indica a ordem do vértice na sequência definida pelo docente para recursos e atividades; **Nome do módulo**, indica o tipo do recurso ou atividade como, por exemplo, 'Fórum' ou 'Tarefa' e; **Número de visualizações (V)** da instância.

As arestas, também coloridas, informam o número de vezes que um aprendiz parte de um vértice para outro, a espessura da aresta é proporcional a esse valor. Cada cor representa um tipo de aresta:

- **Azul**, aresta de avanço, indica uma navegação de um recurso/atividade para o outro mais à frente que o sucessor imediato, ou seja, dado um vértice i e um vértice j , a aresta que parte de i e incide em j é do tipo avanço se $j > i + 1$, onde i e j são a ordem do vértice.
- **Verde**, aresta padrão, representa a navegação de um recurso/atividade para o sucessor imediato, ou seja, dado um

vértice \bar{i} e um vértice \bar{j} , a aresta que parte de \bar{i} e incide em \bar{j} é do tipo padrão se $\bar{j} = \bar{i} + 1$, onde \bar{i} e \bar{j} são a ordem do vértice.

- **Vermelho**, aresta de retorno, indica uma navegação de um recurso/atividade para outro fornecido anteriormente pelo professor, nesse caso, dado um vértice \bar{i} e um vértice \bar{j} , a aresta que parte de \bar{i} e incide em \bar{j} é do tipo retorno se $\bar{j} < \bar{i}$, onde \bar{i} e \bar{j} são a ordem do vértice.

Na Figura 3 está o gráfico das proporções das arestas, calculadas dinamicamente de acordo com o que é exibido no grafo, assim, ao modificar a opção “Trilhas” do grafo, o gráfico se ajustará à quantidade de arestas visualizadas. Dentro das barras são indicadas as porcentagens de cada tipo de aresta e no eixo é apresentado o valor absoluto. Dentro das barras são indicadas as porcentagens de cada tipo de aresta e no eixo é apresentado o valor absoluto.

5. RESULTADOS

O *plugin* LPGraph foi utilizado em duas disciplinas que utilizam o Moodle: Introdução à Ciência dos Computadores (ICC), com uma turma do curso de Física (28 alunos) e outra de Engenharia Elétrica (42 alunos), e a disciplina de Matemática Discreta (MD) (43 alunos) em uma turma de Ciência da Computação.

Os cursos (disciplinas) utilizaram o formato de tópicos, com o conteúdo a ser tratado na ordem estabelecida pelos próprios docentes. O objetivo do primeiro módulo, tanto de ICC quanto de MD, foi tratar de diretrizes gerais como: plano de ensino, apresentação das disciplinas e uso de um aplicativo móvel que foi disponibilizado aos alunos. Além disso, por padrão, ainda no primeiro módulo fica disponível o fórum de notícias pelo qual o professor pode comunicar aos alunos informações sobre a disciplina como, por exemplo, o lançamento de notas, mudança do local/hora das aulas ou uma nova data de avaliação.

Quanto aos recursos e atividades, foram utilizados: ‘Fórum’, ‘Arquivo’, ‘Página’, ‘Questionário’ (quiz), ‘Tarefa’ e ‘URL’. Cada módulo continha um fórum de dúvidas exclusivo para o assunto de destaque do módulo. O recurso Arquivo foi utilizado para fornecer o conteúdo da aula, lista de exercícios e orientações para atividades práticas. O recurso Página e também o URL serviram para fornecer links para recursos externos ao Moodle. Já o Questionário e a Tarefa são atividades utilizadas para a avaliação dos alunos. Os cenários de aplicação da ferramenta são apresentados com base nos estudos realizados nos cursos acima descritos.

As Figuras 4, 5 e 6 apresentam parcialmente as TAs dos cursos de ICC e MD, com a seleção da turma na opção Grupo para a disciplina de ICC, e mostrando apenas as trilhas mais usadas. A exibição apresenta apenas um trecho relativo ao Tópico 1 de cada disciplina. É interessante observar que as Figuras 4 e 5 são da mesma disciplina, com os mesmos recursos e atividades, analisadas durante o mesmo intervalo de tempo, porém cada turma apresenta um comportamento diferente. A turma de Física tem uma navegação mais concentrada, o que pode ser observado pelas arestas mais largas. É possível concluir também que os vértices 10 (Aula01 - Variáveis e Estrutura Sequencial - Python) e 12 (LabCod01 - Python) são importantes para os aprendizes que acessam o questionário, indicado pelo vértice 14 (Quiz 1 - Python). Nesse caso, ficou claro que os estudos da turma de Física (Figura 5) se concentraram no conteúdo sobre a linguagem de

programação Python. Por outro lado, a turma de Engenharia Elétrica (Figura 4) estudava sobre a linguagem de programação C.

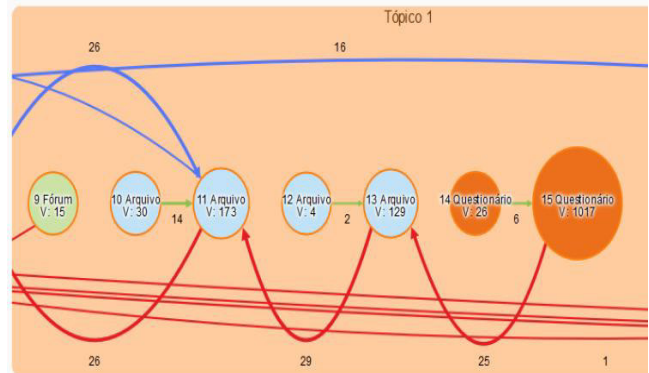


Figura 4. Parte da TA da turma de Engenharia Elétrica na disciplina de ICC.

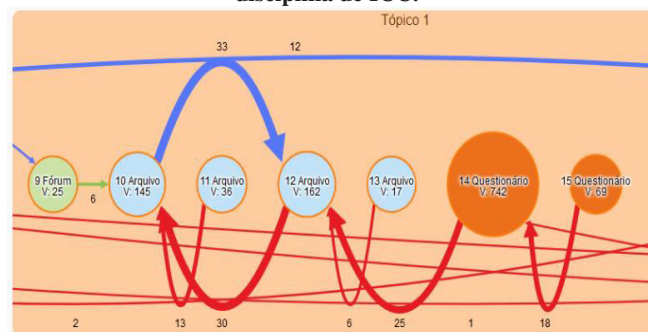


Figura 5. Parte da TA da turma de Física na disciplina de ICC.

Observa-se também que, em ambas as turmas, os aprendizes interagem muito mais com os questionários, isso porque essas atividades exigem muito mais interação com o Moodle. Apesar do curso de Física ter menos alunos, o número de interações com vértices do tipo ‘arquivo’ é bem semelhante ao número de interações do curso de Engenharia Elétrica. Ao final, a média da turma, para a atividade do questionário, é levemente superior para a turma de Física, que no geral interagiu mais, se for considerado o número de alunos, são 28 alunos contra 42 da turma de Engenharia Elétrica. Porém, na média final do Tópico 1, a menor média, na comparação entre as duas turmas, foi da turma de Física que retornou a recursos anteriores com mais frequência, o que é indicado pela aresta vermelha, em relação às arestas padrão e de avanço. Isso parece indicar que a turma teve dificuldades para compreender o assunto do tópico e, por isso, precisou recorrer, mais vezes, aos conteúdos anteriores. A tendência, de voltar a recursos anteriores, se mantém mais elevada no decorrer da disciplina para a turma de Física. Comparando as médias finais, ao final da disciplina, a maior média é do curso de Engenharia Elétrica.

Dessa forma, verificou-se que, para as turmas analisadas, uma proporção maior do número de arestas vermelhas indica que há uma grande chance de a turma estar enfrentando dificuldades no aprendizado. A Figura 6, apresenta uma visão parcial da TA da turma de Matemática Discreta. Observa-se que a turma costuma acessar os recursos diretamente, porém acessaram pouco os links externos (URL). No Tópico 1 foram 27 e 16 acessos ao recurso URL, apesar de a turma ter 43 alunos matriculados. O professor de posse dessa informação poderia avaliar o porquê de os alunos não utilizarem esses recursos de forma efetiva. Um aluno pode

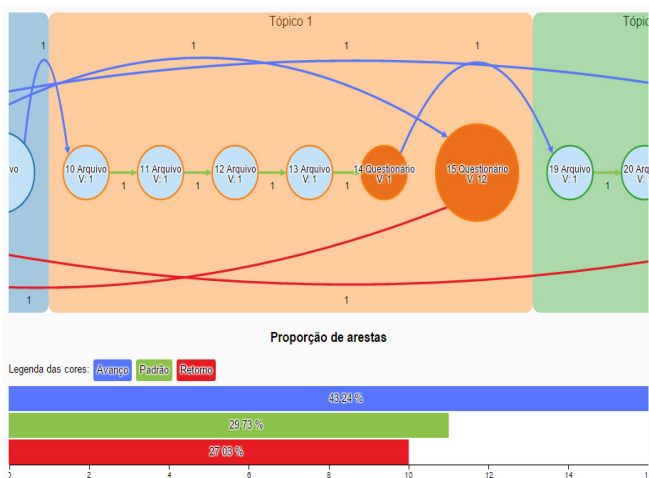


Figura 11. TA de aluno com média próxima de dez. Exemplo 5.

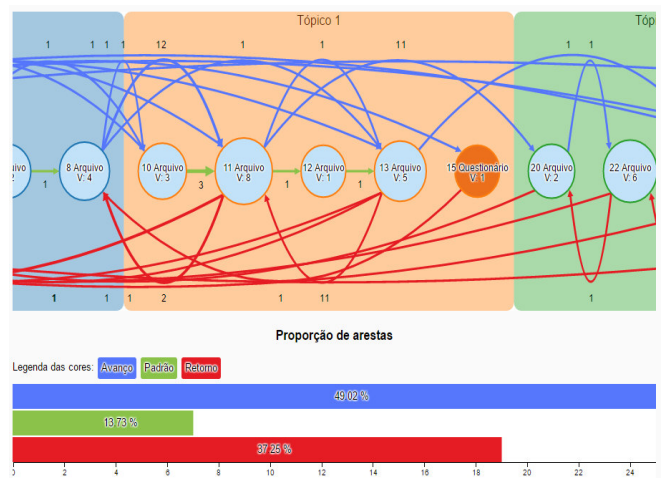


Figura 14. TA de aluno com média próxima de zero. Exemplo 3.

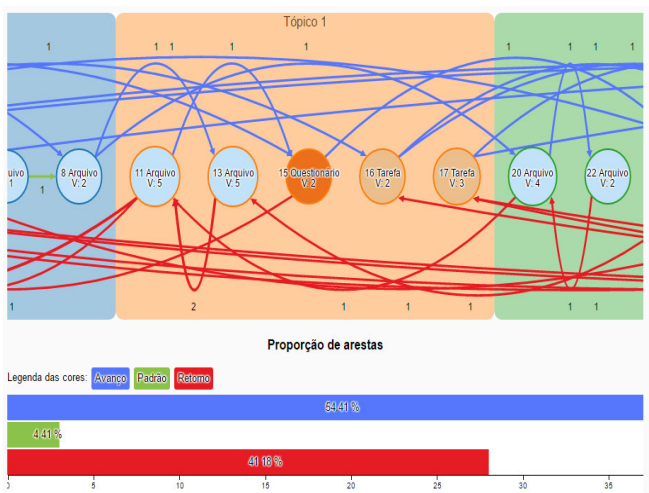


Figura 12. TA de aluno com média próxima de zero. Exemplo 1.

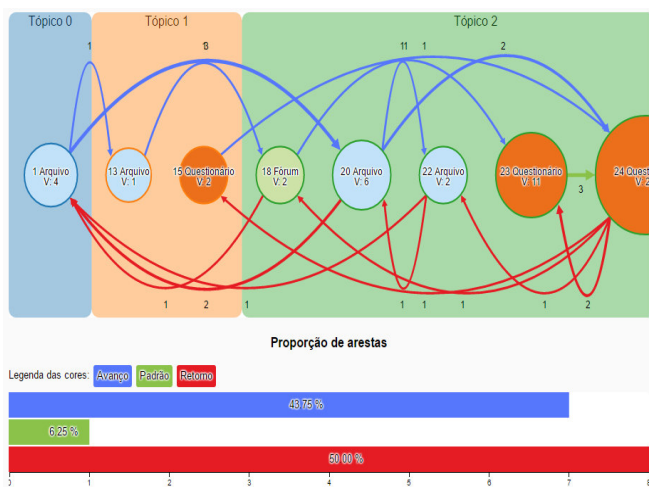


Figura 13. TA de aluno com média próxima de zero. Exemplo 2.

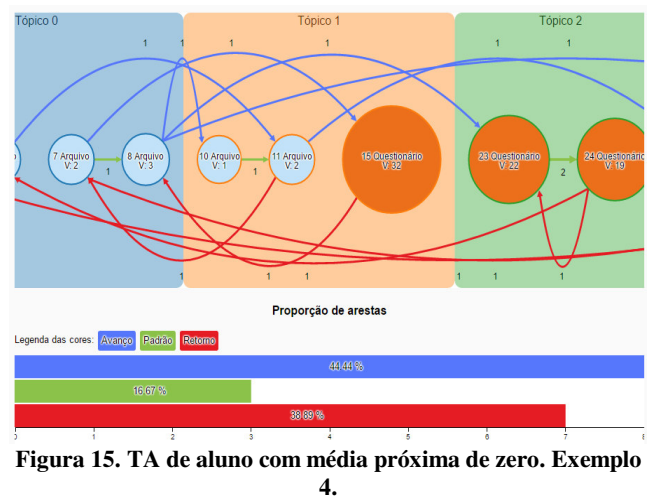


Figura 15. TA de aluno com média próxima de zero. Exemplo 4.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma ferramenta que identifica e representa visualmente as TAs dos alunos que utilizam o Moodle com base nos registros de acesso aos recursos e atividades, com o objetivo de auxiliar o professor no monitoramento do processo de aprendizagem de seus alunos. A ferramenta mostrou-se promissora em representar as trilhas e, dessa forma, permitir o acompanhamento do aluno dentro do AVA.

O LPGraph não beneficia apenas a EaD, mas qualquer modalidade de ensino que utiliza o Moodle ou outro AVA como ambiente de ensino, aprendizagem, comunicação e interação entre professor, aluno e conteúdo. A ferramenta pode ser utilizada em uma turma, durante o decorrer das aulas, e também pode analisar dados de uma turma já encerrada. A análise em tempo real permite que haja uma intervenção imediata por parte do professor. A partir do que foi observado durante esta pesquisa, pretende-se para trabalhos futuros automatizar a análise das trilhas de aprendizagem, por meio de aprendizagem de máquina e/ou mineração de dados, reduzindo o esforço necessário, por parte do professor, para compreender o comportamento dos seus alunos. Com isso, será possível fornecer diagnósticos e sugestões de ações a serem tomadas.

O modelo também pode contribuir para solucionar problemas como o *cold start*, quando um sistema precisa realizar recomendações, mas ainda não possui dados sobre os usuários, conforme [18], auxiliar recomendações de grupos de alunos para a realização de atividades colaborativas, acompanhar a evolução de um aluno ao longo do tempo, verificar a influência dos recursos disponibilizados com as taxas de aprovação e reprovação, associar o comportamento do aluno a tendências de evasão, verificar quais trilhas melhoram o desempenho do aluno, e também contribuir para a criação de AVAs adaptativos. Assim, o modelo apresentado, pode se tornar uma nova fonte para mineração e análise de dados educacionais em ambientes virtuais de aprendizagem.

7. AGRADECIMENTOS

Parte dos resultados apresentados neste artigo foram obtidos através de atividades de P&D do projeto PROMOBILE patrocinado pela Samsung Eletrônica da Amazônia Ltda nos termos da lei federal brasileira nº 8.248/91. Agradecemos também à FAPEAM pelo suporte financeiro concedido para a realização do projeto ao qual o artigo pertence. E ao 'MobMoodle: um ambiente para suporte à aprendizagem móvel', Edital FAPEAM 016/2013 ProTI-Pesquisa.

8. REFERÊNCIAS

- [1] Paes, R. B., Malaquias, R., Guimarães, M. & Almeida H. (2013) Ferramenta para a Avaliação de Aprendizado de Alunos em Programação de Computadores. In: XXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2013), Campinas.
- [2] Gomes, E. H. & Pimentel, E. P. (2013) Personalização do E-Learning Baseado no Nível de Aquisição de Conhecimentos do Aprendiz. In: XXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2013), Campinas.
- [3] Müller, L. & Silveira, M. S. (2013) Podes me ajudar? Apoiando a formação de pares em sistemas de ajuda em pares através de técnicas de recomendação. In: XXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2013), Campinas.
- [4] Carneiro, M. L. F. & Garbin J. (2013) "Como me vejo?" como dinâmica de apresentação em cursos a distância. In: XXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2013), Campinas.
- [5] Ferreira, L. G. A., Barbosa, J. L. V. & Gluz, J. C. (2013) Um Modelo de Recomendação Ubíqua de Conteúdo para Grupos de Aprendizes. In: XXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2013), Campinas.
- [6] Lucena, K. K. T., Silva, J., Oliveira, E. H. T., Gadelha, B. & Lucena, W. (2014) Um Sistema Multiagente para Suporte a Mobile Learning em Educação a Distância. In: XIX Conferência Internacional sobre Informática na Educação - TISE 2014, Fortaleza.
- [7] Moodle - Modular Object-Oriented Dynamic Learning. [Online]. Disponível em: <http://moodle.org/>.
- [8] Adesina, A. & Molloy, D. (2011) A Business Process Management Based Virtual Learning Environment: Customised Learning Paths. In: International Conference on Computer Supported Education (CSEDU), Noordwijkerhout.
- [9] Teutsch, P. & Bourdet, J.-F. (2010) How to see training paths in learning management systems?. In: Proceedings of the 10th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), 2010.
- [10] Schröck J., Bargel, B., Roller, W. & Rauner, A. (2010) Learning maps usage of cartographic metaphors for orientation in e-learning courses. In: IADIS International Conference on e-Learning, part of the IADIS Multi Conference on Computer Science and Information Systems, Freiburg.
- [11] Cerezo, R., Suarez, N., Núñez, J. C. & Sánchez-Santillán, M. (2014) eGraph tool: Graphing the learning process in LMSs. In: International Conference on Learning Analytics and Knowledge, Indianapolis.
- [12] Sitthisak, O., Gilbert, L. & Albert, D. (2013) Learning in Moodle using Competence-Based Knowledge Space Theory and IMS QTI. In: International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC), Nakorn Pathom, Thailand.
- [13] Pires, J. M. & Cota, M. P. (2010) Evolutive mechanism for e-Learning platforms: A new approach for old methods. In: IEEE EDUCON Education Engineering, Madrid, Spain.
- [14] Vantroys, T. & Peter, Y. (2003) COW, a Flexible Platform for the Enactment of Learning Scenarios. In: Groupware: Design, Implementation, and Use (Lecture Notes in Computer Science), vol. 2806, pp. 168-182.
- [15] Wisuttikul, T. & Boonmee, C. (2004) A Study of Coaching Assisted System using Learning Object Value Model. In: IEEE Region 10 Conference (TENCON 2004), Chiang Mai.
- [16] Marquez, J., Ortega, J., Gonzalez-Abril, L. & Velasco, F. (2008) Creating adaptive learning paths using ant colony optimization and Bayesian networks. In: International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), Hong Kong.
- [17] Barnes, T. (2005) The Q-matrix method: Mining student response data for knowledge. In: American Association for Artificial Intelligence 2005, Educational Data Mining Workshop.
- [18] Ramos, D. B., Oliveira, E. H. T., Ramos, I. M. M. & Oliveira, K. M. T. (2015) Trilhas de Aprendizagem em Ambientes Virtuais de Ensino-aprendizagem: Uma Revisão Sistemática da Literatura. In: XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Maceió.
- [19] Gutiérrez, S., Pardo, A. & Kloos, C. D. (2006) Finding a learning path: toward a swarm intelligence approach. In: Proceedings of the 5th IASTED International Conference on Web-based Education, Puerto Vallarta.
- [20] Ramos, D. B. & Oliveira, E. H. T. (2015) Relatório Técnico da Revisão Sistemática de Literatura sobre Trilhas de Aprendizagem em Ambientes Virtuais de Aprendizagem, Manaus. [Online]. Disponível em: http://mobmoodle.icomp.ufam.edu.br/projeto/?page_id=10.