

Um Modelo para Gerenciamento de Múltiplas Trilhas Aplicado a Sistemas de Apoio à Educação*

Wagner L. Cambuzzi¹, Rodrigo de Moraes¹, Valderi R. Q. Leithardt^{1,2},
Cassiano Mendes¹, Cláudio F. R. Geyer², Cristiano A. da Costa¹,
Jorge L. V. Barbosa¹, Sandro J. Rigo¹

¹Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PIPICA)
Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) – São Leopoldo – RS – Brasil

²Instituto de Informática – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Porto Alegre – RS – Brazil

{wcambuzzi, rmoraes, cmendes}@gvwise.com.br,

{vrqleithardt, geyer}@inf.ufrgs.br, {cac, jbarbosa, rigo}@unisinis.br

Abstract. *Mobile computing allows the use of contexts and trails to foster some application aspects, such as content adaptation, analysis and personalization. A trail can be considered as a set of entity contexts. This article presents a managing model for multiple trails, in which is addressed a gap in the previous approaches, regarding the number of trails treated. The MultiTrail model differential is the representation of each entity in several trails, thus allowing the multiple interesting entity aspects to be modeled and manipulated according to its use in different applications. This flexibility advantages are demonstrated and analyzed in case studies applying this model.*

Resumo. *A difusão da computação móvel e de sistemas de localização viabiliza a utilização de contextos e trilhas em diversas aplicações. Uma trilha representa um conjunto de contextos visitados por um usuário historicamente organizado. Fundamentado nessas características, este artigo apresenta uma proposta para o gerenciamento de múltiplas trilhas em ambientes educacionais, tendo como principal contribuição a representação dos dados de cada entidade em diversas trilhas. Esta abordagem amplia a possibilidade de composição do contexto das entidades, proporcionando maior flexibilidade e abrangência para sua utilização em sistemas de apoio à educação.*

1. Introdução

O aprimoramento e a precisão de Sistemas de Localização [Hightower and Borriello 2001] vêm estimulando a adoção de soluções que consideram a localização dos usuários na prestação de serviços [Dey et al. 2010, Vaughan-Nichols 2009]. Com este aprimoramento, informações de contexto foram incorporadas nas aplicações e a computação se tornou ciente do contexto do usuário. Segundo Dey [Dey 2001], contexto é qualquer informação que possa ser utilizada para

*Este trabalho teve apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) através do Edital MCT/CNPq N° 75/2010 - RHAPE Pesquisador na Empresa e da Unidade de Novos Negócios da GVDASA Informática LTDA.

caracterizar a situação de entidades (pessoa, lugar ou objeto) que sejam consideradas relevantes para interação entre um usuário e uma aplicação. O registro histórico dos contextos visitados e da atuação da entidade normalmente recebe a denominação de Trilha [Driver and Clarke 2008, Levene and Peterson 2002].

Devido às possibilidades geradas pela utilização destas informações, diversos trabalhos estão sendo pesquisados a partir de um objetivo geral ligado à aquisição e utilização dos dados referentes às trilhas de entidades. Porém, estes trabalhos apresentam focos distintos, tais como: o auxílio à navegação e acesso a conteúdos [Gams and Reich 2002, Wang et al. 2008], o registro de experiências de aprendizagem [Levene and Peterson 2002, Silva et al. 2009], a anotação de localizações e atividades [Smith 2008, Driver and Clarke 2008].

Com o objetivo de ampliar a utilização dos dados de trilhas em ambiente educacionais é proposto neste trabalho a extensão do modelo apresentado em [Cambruzzi et al. 2012] para gerenciamento de múltiplas trilhas denominado MultiTrail. Com base na proposta de gerenciamento e manipulação de trilhas desenvolvida no modelo UbiTrail [Silva et al. 2009], o modelo proposto atua no sentido de gerenciar os dados gerados pelas entidades que estão sendo acompanhadas e na disponibilização e aplicação para sistemas de apoio à Educação. Portanto, é proposto neste o modelo MultiTrail onde a interação de cada entidade será armazenada em diferentes trilhas, possuindo cada uma delas um objetivo específico. A forma de representação e armazenamento das trilhas utiliza o conceito de rede de ontologias [Villazón-Terrazas et al. 2011], o que é adequado aos objetivos desta abordagem em proporcionar maior flexibilidade para as aplicações que utilizam estes dados, bem como, fomentar o compartilhamento destes dados entre aplicações.

A natureza dinâmica observada atualmente em relação aos diferentes dispositivos e diferentes fontes de dados pode ser adequadamente representada com a abordagem de múltiplas trilhas. Assim, diferentes elementos de coleta e tratamento prévio dos dados, de cada uma destas diversas origens, podem ser integrados facilmente em uma aplicação. Em aplicações distintas, suas necessidades específicas serão representadas com a recuperação dos diversos contextos das trilhas de interesse que representam a entidade.

Na versão inicial do modelo [Cambruzzi et al. 2012] foi implementado um protótipo onde múltiplas aplicações podem compartilhar dados com finalidades específicas. Naquela versão dois estudos de caso foram realizados. O primeiro é contextualizado no nível de Ensino Médio, voltado para acompanhamento individualizado de atividades e visualização de dados. O segundo deu-se no contexto do Ensino Superior, voltado para a análise e visualização de interações e relacionamento de dados. Neste artigo o modelo é ampliado para permitir a realização do terceiro estudo de caso em que as trilhas foram utilizadas no registro de informações de um grupo de estudantes da modalidade EAD no Ensino Superior com o objetivo de prever os alunos com tendência à evasão escolar ainda durante o andamento da disciplina.

O artigo está organizado em seis seções. A segunda seção apresenta os trabalhos relacionados. A terceira seção apresenta a conceituação do modelo. A quarta seção descreve a arquitetura proposta. A quinta seção apresenta o estudo de caso realizado. Por fim, na sexta seção são apresentadas as conclusões e os trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

Essa seção apresenta trabalhos relacionados com foco na representação e utilização de trilhas para aplicações diversas.

O projeto TrailTRECer [Gams and Reich 2002] é voltado ao auxílio na navegação e na busca de conteúdo, possibilitando que um usuário acompanhe a trilha de navegação de outro usuário. Assim, facilitando a busca de informações. O conceito de trilha adotado pelo projeto define esta como um conjunto de documentos digitais que um usuário acessou ao executar uma determinada atividade.

No trabalho desenvolvido por [Levene and Peterson 2002], denominado projeto Trail Records, são utilizados dispositivos móveis para registro de experiências de aprendizagem usando diferentes mídias, tais como textos, vídeos e áudio, durante a visita em diferentes localizações. O conceito de trilha adotado pelo projeto define esta como a sequência dos registros vinculando conteúdo com localização, sendo utilizada para recompor a experiência do aprendiz no trajeto visitado.

Em [Wang et al. 2008] o principal objetivo é a disponibilização de conteúdo multimídia localizado chamado de Nidaros. O projeto considera uma trilha composta por um conjunto de registros que indicam os lugares onde cada dispositivo realizou acesso.

Já no trabalho [Smith 2008] é proposto a anotação das localizações percorridas por usuários de dispositivos móveis, compondo uma trilha de locais visitados descrito como projeto Life Annotation. Além disso, esse modelo prevê que sejam registradas todas as informações possíveis relacionadas com cada local. O objetivo é o registro das atividades de um usuário, permitindo consultas no futuro.

O projeto Hermes [Levene and Peterson 2002] é voltado para o gerenciamento de atividades e considera que a trilha é uma coleção de atividades programadas de forma contextual. Suas funcionalidades são direcionadas para a geração automática da ordem de execução das atividades levando em conta informações de contexto.

No projeto Startrack, descrito em [Ananthanarayanan et al. 2009], é proposto um conjunto de operações para manipulação de trilhas. Seu conceito de trilha considera que esta representa uma rota contínua baseada em eventos discretos. Desta forma, cada trilha é uma coleção de lugares visitados ordenada no tempo. As trilhas são armazenadas em um servidor e o usuário proprietário da trilha pode compartilhar suas trilhas com outros usuários. Cada aplicação pode definir quais informações vai guardar em cada trilha.

[Silva et al. 2009] propôs um modelo denominado UbiTrail que possui como principal objetivo gerenciar informações sobre a trilha de uma entidade. O conceito de trilha adotado pelo projeto define que trilha é uma representação digital do histórico dos contextos visitados por uma entidade. Não apenas a localização é considerada, mas também o contexto, indicando o que ela está fazendo e o ambiente a seu redor. Todas as informações relacionadas com o deslocamento de uma entidade são organizadas em uma trilha única e contínua.

Embora os trabalhos estudados possuam suporte a trilhas, as características tratadas são diferentes de acordo com o foco específico de cada um deles. Todos eles registram suas informações em uma única trilha. Conforme evidenciado pela análise realizada, o conceito de múltiplas trilhas não é explorado nestes trabalhos. No modelo proposto, além

do tratamento de múltiplas trilhas, é possível a utilização dos dados armazenados com diferentes níveis de detalhamento, de acordo com as necessidades de cada aplicação.

3. Modelo de Gerenciamento de Múltiplas Trilhas

Inicialmente destacam-se alguns detalhes para os elementos básicos deste modelo. O termo entidade deve ser entendido como a representação de um objeto computacional ou de um usuário. Com isso, as trilhas registram as diferentes informações geradas por esta entidade. No modelo proposto cada entidade não é representada em uma única trilha, tal como observa-se em trabalhos relacionados [Silva et al. 2009]. Ao invés disso, cada entidade é representada em múltiplas trilhas, de acordo com as características das informações, de modo que possam ser agrupadas ou diferenciadas, para os casos em que ocorrem diferentes necessidades de análise e uso.

Sendo assim, este modelo proporciona duas vantagens que estão fortemente relacionadas com esta abordagem. A primeira é a flexibilidade para a aquisição dos dados, tendo em vista que diferentes fontes e diferentes aplicações podem ser integradas ao modelo como origem de dados de trilhas específicas. A segunda é a flexibilidade para utilização dos dados, já que aplicações com necessidades distintas podem ter apenas as trilhas de interesse consultadas. Um exemplo desta situação pode ser melhor entendido ao ser considerado o conjunto de registros de diversos aspectos da vida de uma pessoa, que poderiam envolver o seu histórico educacional, atuações profissionais, o registro das atividades realizadas em ambientes virtuais de aprendizagem, ou ainda, o registro de suas ações em comunidades virtuais de relacionamento.

Na Figura 1 é destacada a representação de uma entidade interagindo em diversas destas situações, sendo que cada uma delas pode estar representada em uma trilha, na qual serão armazenadas adequadamente as informações pertinentes. Essa abordagem permite flexibilidade na utilização destes diversos aspectos da vida desta pessoa, possibilitando que sejam levados em conta para representar o contexto de suas interações e atuações.

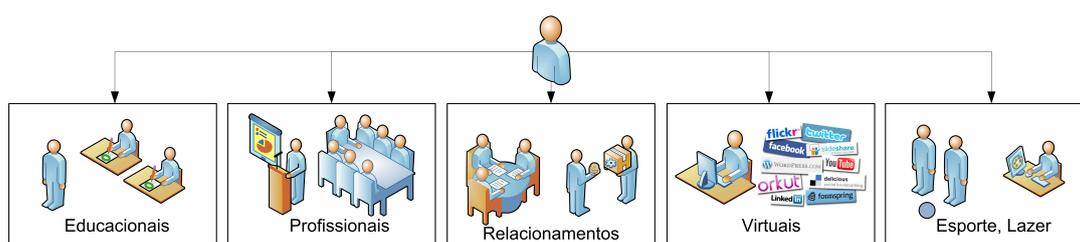


Figura 1. Interações originando múltiplas trilhas

Para realizar o mapeamento e registro dos contextos que farão parte de cada trilha, são utilizados componentes de software específicos, sendo cada um deles responsável por registrar um conjunto de informações em uma trilha ou em partes dela. No exemplo da Figura 1, diferentes componentes de software registram o contexto da forma mais detalhada e adequada possível para cada situação.

Em geral, as aplicações que utilizam trilhas fazem uso de seus dados em consultas com base em uma dimensão temporal, espaço de tempo. No modelo proposto, é denominado contexto sistêmico a composição resultante do agrupamento de contextos de

diversas trilhas (aquelas de interesse para a aplicação específica) em uma dimensão temporal. O esquema representado na Figura 2 ilustra o conceito de contexto sistêmico, onde pode-se visualizar diversas trilhas representadas de forma independente e relacionadas pela dimensão temporal. Na figura também estão exemplificadas trilhas para diversos aspectos relacionados com um estudante. Os exemplos destacam a trilha ‘Educação formal’ composta por registros de cursos de formação obrigatória e cursos de ensino superior ou pós-graduação. A sequência é realizada pela trilha ‘Educação complementar’ que será composta por cursos de extensão realizados. Por fim, a trilha ‘Profissional’ foi utilizada para destacar as diferentes atividades profissionais realizadas.

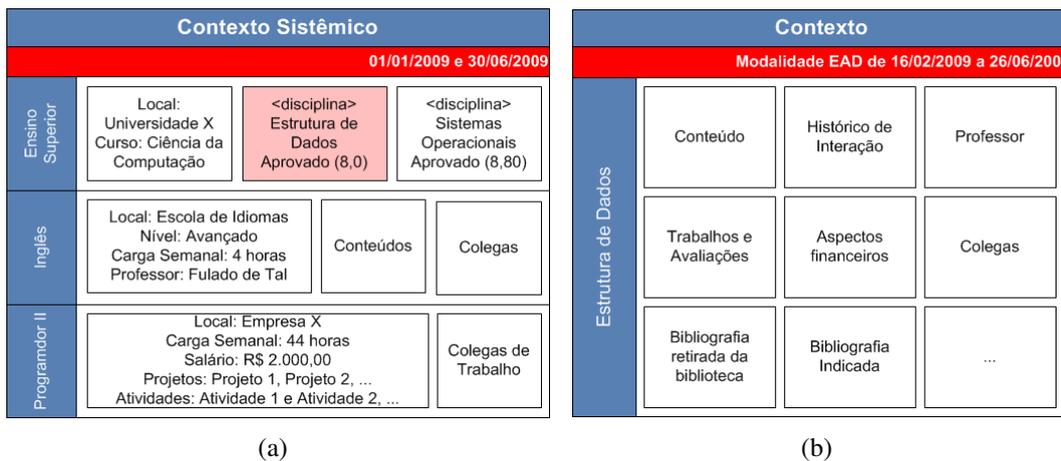


Figura 2. Múltiplas trilhas e contexto sistêmico

A flexibilidade de consulta aos dados mapeados nas diferentes trilhas é também estendida aos aspectos relacionados com a coleta de dados, que pode ser feita com base em diferentes dispositivos. Novas fontes e novos dispositivos podem ser incluídos e relacionados ao conjunto de trilhas existentes sem a necessidade de reorganização das aplicações que estão em uso.

Em particular, o detalhamento de cada trilha também é tratado neste modelo, tendo em vista que, muitas vezes, as aplicações interessadas em dados de uma mesma trilha podem apresentar necessidades diversas relacionadas com a granularidade dos dados consultados. Isso pode ser necessário em casos de aplicações que precisem verificar em detalhes a situação descrita em um contexto. A Figura 3a exibe um exemplo onde a trilha ‘Ensino Superior’ possui um contexto para a disciplina ‘Estrutura de Dados’, onde é exibida a nota final. Caso uma aplicação necessite, é possível o acesso a todos os detalhes dessa disciplina, tal como exibido na Figura 3b, onde podem ser verificados os diversos elementos possíveis de recuperação e armazenamento em relação à esta disciplina.

Deste modo, ilustra-se a flexibilidade para a montagem de visões diferenciadas do conjunto de dados armazenados de acordo com as necessidades de cada aplicação. Neste sentido, tanto a Figura 2 como a Figura 3 apresentam a composição de quadros de informações que são obtidas em diversas fontes e com uso de diferentes componentes de software. Portanto, todas estas informações são pertinentes e contribuem para a composição de um contexto mais detalhado e completo para uma determinada entidade. Sendo assim, a flexibilidade de composição e coleta de dados é uma vantagem para a implementação das aplicações que irão utilizar estes dados. Essa flexibilidade está associada a mecanismos que facilitem a integração e interoperabilidade de cada trilha.



(a)

(b)

Figura 3. Exemplo de (a) contexto sistêmico e (b) contexto da disciplina Estrutura de Dados.

O uso das ontologias propicia a representação formal do conhecimento humano, de modo que este possa ser processado por entidades computacionais. Definições amplamente utilizadas descrevem a ontologia como a especificação de “conceitualização caracterizada por propriedades formais (explícitas) e propósitos específicos”, segundo descreve [Gruber 1995], considerando estes aspectos motivadores para sua adoção e apoio em abordagens envolvendo interoperabilidade e integração. Assim, o MultiTrail prevê a utilização de redes de ontologias como forma de padronizar as informações registradas nas trilhas.

4. Arquitetura MultiTrail

A arquitetura MultiTrail, apresentada na Figura 4, está organizada em três camadas: servidor (*MultiTrail Server*), cliente (*MultiTrail Client*) e dispositivos de coleta ou fontes de coleta (*Client Devices*).

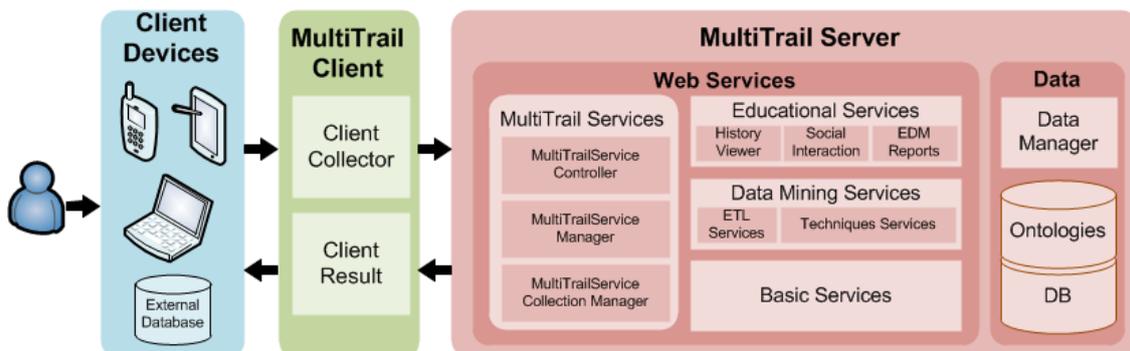


Figura 4. Arquitetura do MultiTrail

O funcionamento ocorre a partir da interação dos usuários com os dispositivos e fontes de coleta e com componentes de software que registram suas atividades. Para cada dispositivo, existe um componente responsável pela coleta da interação correspondente implementando a arquitetura da camada *MultiTrail Client*. Este componente interage

através de solicitações de registro com a camada *MultiTrail Server*, que é responsável por organizar e prover os serviços diversos necessários às aplicações educacionais.

A camada *Client Devices* possui o objetivo de implementar o suporte necessário para as atividades de interação e coleta de dados, com ampla flexibilidade para tipos de dispositivos e fontes de dados utilizadas. Assim, está prevista toda a interação do usuário e o sistema através dos dispositivos de coleta ou fontes de dados, sendo estes considerados inicialmente com base nas possibilidades atuais, mas não limitados a esta situação.

Considera-se que a interação envolvendo os usuários e as aplicações baseadas neste modelo acontece em duas situações distintas, sendo que para ambas ocorre a utilização dos componentes da camada *MultiTrail Client*. A primeira delas, no caso em que o dispositivo é utilizado para registrar ocorrência em uma trilha, tratado através da implementação do componente *Client Collector* correspondente. A segunda situação ocorre quando o sistema apresenta resultados para o usuário, sendo que esse processo é tratado através da implementação do componente específico do *Client Result*.

A camada denominada de *MultiTrail Client* está organizada em dois módulos. O módulo *Client Collector* é responsável pela captura de dados e pelo seu registro nas trilhas correspondentes e no formato adequado. Esse módulo pode estar implementado em aplicações localizadas nos dispositivos ou por componentes de software responsáveis pela interação com bases de dados externas. Já o módulo *Client Result* é o responsável pela interação com o usuário e pela adaptação do conteúdo para o dispositivo do usuário.

A camada denominada *MultiTrail Server* está organizada em quatro módulos de serviço e um repositório de dados. O seu principal objetivo é proporcionar o suporte necessário para o armazenamento dos dados obtidos das diversas fontes e dos múltiplos dispositivos, em conjunto com a integração necessária para o atendimento aos diversos serviços propostos como suporte para as aplicações desenvolvidas.

O módulo *MultiTrail Data Manager* é responsável por prover uma infraestrutura de manipulação e acesso aos dados para os outros módulos que compõe o *MultiTrail Server*. Já o módulo *Basic Services* é responsável pelos serviços de autenticação e gerenciamento da aplicação servidora e gerenciamento dos serviços.

O módulo *MultiTrail Services* é responsável pelo gerenciamento e manipulação das diferentes trilhas da entidade. Sempre que uma aplicação cliente desejar manipular dados de uma trilha, esse serviço será o responsável pela identificação e manutenção da mesma. O mesmo ocorre com as consultas em trilhas, sejam elas consultas específicas, ou consultas utilizando o contexto sistêmico. O *MultiTrailService Controller* é responsável pela autenticação das entidades e identificação das trilhas. E o *MultiTrailService Manager* pelo gerenciamento das entidades, trilhas e contextos. Por fim, o módulo *MultiTrailService Collection Manager* é responsável pela recuperação de trilhas, contextos e contextos sistêmicos.

O módulo *Educational Services* é responsável pelo gerenciamento do suporte de ações educacionais. O *History Viewer* é responsável pela visualização das múltiplas trilhas, *Social Interaction* pela visualização da interação dos estudantes no fórum, o *EDM Reports* pela aplicação e exibição de técnicas no módulo *Data Mining Services*.

O *Educational Services* está dividido em *ETL Service*, onde os dados das múltiplas

trilhas são processados para serem aplicadas as técnicas de *Techniques Services*.

A implementação do modelo MultiTrail foi realizada com a linguagem ASP.NET C# para os componentes dedicados à coleta, manipulação dos dados, módulo de visualização de dados e de mineração. Para a persistência dos dados foi utilizado o banco de dados SQL Server 2008. A ontologia utilizada foi descrita em linguagem OWL e editada inicialmente com a ferramenta Protege [Protégé 2012].

5. Estudo de caso

Para a validação do modelo proposto de gerenciamento de múltiplas trilhas foi realizado um estudo de caso objetivando a identificação de alunos com potencial risco de evasão escolar em cursos de Educação à Distância (EAD) com a utilização de técnicas de Mineração de Dados (MD).

A aplicação de MD sobre dados educacionais, Mineração de Dados Educacionais (*Educational Data Mining - EDM*), vem sendo amplamente explorada no apoio à diversas atividades de gestão do ensino. Dentre os tópicos estudados na área estão a identificação de perfis de aprendizagem de alunos, predição de desempenho e evasão escolar, identificação de associações de disciplinas e conteúdos que propiciam o baixo desempenho e a identificação de intervenções de tutores e professores mais eficazes na melhoria do desempenho dos alunos. Mais detalhes e outros tópicos da aplicação de MD sobre dados educacionais podem ser consultados nos trabalhos [Romero and Ventura 2010, Romero and Ventura 2007] que sumarizam diversos trabalhos de EDM, ou ainda em [Manhaes et al. 2011] que analisa diversas técnicas de mineração de dados na previsão de estudantes com risco de evasão.

Para este estudo de caso, foi realizada a coleta de trilhas de alunos de duas disciplinas, Matemática para a Administração e Matemática para a Computação, da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Se tratando de disciplinas de EAD, as trilhas coletadas são formadas por registros de interação com a ferramenta Moodle e dados do ERP. Na coleta realizada foram obtidas trilhas de 693 alunos de 19 turmas em que as aulas semestrais ocorreram entre o período de 2011 à 2012. A partir disso, essas trilhas foram modeladas de forma a considerar as interações semanais com as diferentes ferramentas utilizadas para o ensino.

Com a coleta e modelagem das informações foi possível então a aplicação de técnicas de MD de forma que, ao final de cada semana foi gerado um relatório indicando quais alunos foram classificados com risco de evasão. Ou seja, na modelagem utilizada, não há necessidade do término do semestre para a predição dos alunos com potencial de evasão, o que possibilita a intervenção de tutores e professores no decorrer do desenvolvimento da disciplina, aumentando as possibilidades de reversão destes possíveis quadros.

Para a aplicação de técnicas de MD a técnica de Redes Neurais Artificiais (RNAs) foi escolhida por ser clássica na área de mineração e apresentar um desempenho satisfatório em outros problemas de mineração de dados [Bishop 2007, Haykin 2001]. Por ser adotada uma técnica de aprendizado de máquina supervisionado [Alpaydin 2010], em que dados históricos são utilizados para o treinamento da técnica, os dados dos alunos pertencentes às turmas que ocorreram anteriormente ao período em que o estudo de caso foi realizado foram divididos em duas partes, a primeira para o treinamento das RNAs e o restante utilizado para a avaliação do modelo de mineração obtido.

A aplicação das RNAs mostrou grande potencial para o objetivo do estudo de caso já que em média, considerando os resultados semanais das duas disciplinas, foi possível prever 83% dos alunos que realmente evadiram das disciplinas analisadas a partir da terceira semana de aula. Já para a identificação dos dois grupos de alunos considerados para a mineração, alunos evadidos e alunos não evadidos, a média de previsão foi de 73,5%.

Os resultados obtidos evidenciam que a aplicação de múltiplas trilhas associada à mineração de dados viabiliza o desenvolvimento de soluções de auxílio à retenção escolar capazes de gerar alertas para professores e tutores de cursos EAD, em que não há uma proximidade maior com os alunos.

6. Conclusão

Este artigo apresentou uma proposta de gerenciamento de múltiplas trilhas para uma mesma entidade em ambientes educacionais. A partir do estudo de trabalhos relacionados, destacou-se que o diferencial desse trabalho é a consideração das entidades interagindo com um conjunto de trilhas ao longo de sua trajetória e com a possibilidade de especificação de diferentes níveis para o tratamento dos dados destas trilhas.

Buscou-se demonstrar que esta abordagem amplia as possibilidades de composição de contextos das entidades, já que diversos aspectos da trajetória da entidade são registrados. Isso proporciona maior flexibilidade e abrangência para sua utilização.

Com base nos estudos de caso realizados, as principais conclusões estão relacionadas com a indicação da flexibilidade possível com o tratamento de múltiplas trilhas. Em primeiro lugar, identifica-se a possibilidade de composição de múltiplas trilhas com conjuntos de dados obtidos de fontes diversas, tais como sistemas de gerenciamento acadêmico e ambientes virtuais de aprendizagem. Em segundo lugar, ilustra-se a utilização de dados das múltiplas trilhas de acordo com os aspectos que são considerados importantes para diferentes aplicações, em domínios específicos.

De modo a ampliar as conclusões e explorar aspectos complementares, está em andamento uma continuidade do presente trabalho. Esta continuidade envolve a ampliação estudo de caso, em um ambiente composto por quatro disciplinas diferentes no qual as interações previstas envolvem também a emissão de mensagens de acompanhamento de situações juntamente com o mapeamento de seus resultados, compondo assim, uma trilha específica a ser também considerada na aplicação. Este experimento será desenvolvido ao longo de dois semestres e contará com a participação de coordenadores pedagógicos e tutores.

Referências

- Alpaydin, E. (2010). *Introduction to Machine Learning*. The MIT Press, 2nd edition.
- Ananthanarayanan, G., Haridasan, M., Mohomed, I., Terry, D., and Thekkath, C. A. (2009). Startrack: a framework for enabling track-based applications. In *Proceedings of the 7th international conference on Mobile systems, applications, and services, MobiSys '09*, pages 207–220, New York, NY, USA. ACM.
- Bishop, C. M. (2007). *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer, 2. ed. edition.

- Cambruzzi, W. L., Rigo, S. J., and Barbosa, J. L. V. (2012). Uma proposta para Gerenciamento de Múltiplas Trilhas em Ambientes Educacionais. In *Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web (WebMedia)*, São Paulo.
- Dey, A., Hightower, J., de Lara, E., and Davies, N. (2010). Location-based services. *Pervasive Computing, IEEE*, 9(1):11–12.
- Dey, A. K. (2001). Understanding and Using Context. *Personal and Ubiquitous Computing*, 5(1):4–7.
- Driver, C. and Clarke, S. (2008). An application framework for mobile, context-aware trails. *Pervasive Mob. Comput.*, 4(5):719–736.
- Gams, E. and Reich, S. (2002). The TrailTRECer Framework: Applying Open Hypermedia Concepts to Trails. 8(10):913–923.
- Gruber, T. R. (1995). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing? *Int. J. Hum.-Comput. Stud.*, 43(5-6):907–928.
- Haykin, S. (2001). *Redes neurais: princípios e prática*. Bookman, Porto Alegre, 2. ed. edition.
- Hightower, J. and Borriello, G. (2001). Location systems for ubiquitous computing. *IEEE Computer*, 34(8):57–66.
- Levene, M. and Peterson, D. (2002). Trail Records and Ampliative Learning. Technical report, School of Computer Science and Information Systems, Birkbeck College, University of London, Research Report BBKCS-02-10.
- Manhaes, L. M. B., Cruz, S. M. S. d., Costa, R. J. M., Zavaleta, J., and Zimbrão, G. (2011). Previsão de Estudantes com Risco de Evasão Utilizando Técnicas de Mineração de Dados. *Anais do XXII SBIE - XVII WIE*, pages 150–159.
- Protégé (2012). The Protégé Ontology Editor and Knowledge Acquisition System. Disponível em <http://protege.stanford.edu/>.
- Romero, C. and Ventura, S. (2007). Educational data mining: A survey from 1995 to 2005. *Expert Syst. Appl.*, 33(1):135–146.
- Romero, C. and Ventura, S. (2010). Educational data mining: a review of the state of the art. *Trans. Sys. Man Cyber Part C*, 40(6):601–618.
- Silva, J., Rosa, J. a., Barbosa, J., Barbosa, D. N. F., and Palazzo, L. A. M. (2009). Distribuição de Conteúdo em Ambientes Cientes de Trilhas. *WebMedia'09*.
- Smith, A. D. (2008). *Who Controls the Past Controls the Future - Life Annotation in Principle and Practice*. PhD thesis, University of Southampton.
- Vaughan-Nichols, S. J. (2009). Will Mobile Computing's Future Be Location, Location, Location? *Computer*, 42(2):14–17.
- Villazón-Terrazas, B., Ramírez, J., del Carmen Suárez-Figueroa, M., and Gómez-Pérez, A. (2011). A network of ontology networks for building e-employment advanced systems. *Expert Syst. Appl.*, 38(11):13612–13624.
- Wang, A. I., fredrik Sørensen, C., Brede, S., Servold, H., and Gimre, S. (2008). Development of location-aware applications the nidaros framework.