



Avaliação do Comportamento de Aprendizagem em Cursos de Engenharia

Elisabete Galeazzo¹; Francisco Javier Ramirez-Fernandez²; Nanci de Oliveira³; Valdomiro dos Santos⁴

¹bete@lme.usp.br, USP, Brasil

²jramirez@lme.usp.br, USP, Brasil

³nanci.oliveira@usp.br, USP, Brasil

⁴mirosantosusp@gmail.com, USP, Brasil

Resumo

A avaliação do comportamento e do desempenho acadêmico dos alunos em cursos de Engenharia é um campo fértil, interessante e crescente de investigação. As atuais ferramentas disponíveis no campo educacional estão focadas em oferecer suporte ao professor ou ao tutor, mas não extraem informações relacionadas ao comportamento de aprendizagem do aluno ao longo da sua jornada acadêmica. Este trabalho apresenta uma alternativa para suprir esta necessidade: a utilização de um Agente de Avaliação da progressão dos alunos ao longo da sua graduação, baseado no Processo de Decisão de Markov Parcialmente Observável. O Agente de Avaliação separa as notas em estados específicos, identifica as mudanças de estado na Cadeia de Markov e extrai observações parciais do comportamento das notas dos alunos nas disciplinas cursadas. Neste trabalho, o agente foi aplicado para avaliar o progresso dos alunos de graduação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP) durante o período de 2000 a 2010. Realizou-se a somatória dos esforços realizados ao longo do processo de aprendizagem em todos os cursos da Engenharia da EPUSP, medindo-os por meio da quantidade de avaliações efetuadas. Os resultados servirão para modelar autonomamente o comportamento de futuros alunos que venham a cursar as mesmas disciplinas em cursos de graduação.

Palavras-chave: Ensino em Engenharia, Agente de Avaliação, Processo de Decisão de Markov Parcialmente Observável (PDMPO).

Abstract

The assessment of the behavior and academic performance of students in Engineering Programs has been a fertile, interesting and growing research field. The current available tools in the educational field are focused on supporting the teacher or tutor, but they do not extract information related to learning behavior throughout their academic journey. This paper presents an alternative to fulfill this necessity: the use of a student progression Evaluation Agent throughout its university course, based on the partially observable Markov decision process. The Evaluation Agent splits the grades in different states, identifies state changes in the Markov chain and extracts partial observations from the student grade behavior in the processed disciplines. In this paper, the agent was applied to evaluate the progress of undergraduate students at Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP) during the period of 2000 to 2010. The sum of the effort was made throughout the learning progress in all Engineering courses of Epusp, represented by the number of made evaluations. The results will serve to model autonomously the behavior of future students who will come to study the same disciplines in undergraduate courses.

Keywords: Teaching in Engineering, Evaluation Agent, Partially Observable Markov Decision Process (POMDP).

Histórico do Artigo: Recebido em 30 de novembro de 2016. Aceito em 2 de fevereiro de 2017.

Publicado online em 31 de março de 2017.

Trabalho originalmente publicado nos anais do XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), realizado em Natal-RN, e atualizado com o objetivo de ser publicado neste periódico.

Resumen

La evaluación del comportamiento y del rendimiento académico de los estudiantes en cursos de Ingeniería es un campo fértil, interesante y de creciente investigación. Las actuales herramientas disponibles en el campo educacional están concentradas en ofrecer soporte al profesor o al tutor, pero no desembolsan informaciones relacionadas al comportamiento del aprendizaje del estudiante a lo largo de su jornada académica. Este trabajo presenta una alternativa para suplir esta necesidad: la utilización de un agente de evaluación del progreso de los estudiantes a lo largo de su graduación, basado en el Proceso de Decisión de Markov Parcialmente Observable. El agente de evaluación separa las notas en estados específicos, identifica los cambios de estado en la Cadena de Markov y extrae observaciones parciales del comportamiento de las notas de los estudiantes en las disciplinas cursadas. En este trabajo, el agente fue aplicado para evaluar el progreso de los estudiantes de pregrado de la Escuela Politécnica de la Universidad de São Paulo (EPUSP) durante el periodo de 2000 a 2010. Se efectuó la sumatoria de los esfuerzos realizados a lo largo del proceso de aprendizaje en todos los cursos de Ingeniería de la EPUSP, midiéndolos por medio de la cantidad de evaluaciones hechas. Los resultados servirán para modelar de forma autónoma, el comportamiento de futuros estudiantes que vengan a cursar las mismas disciplinas en los cursos de pregrado.

Palabras claves: Enseñanza de la Ingeniería, Agente de evaluación, Proceso de Toma de Decisión de Markov Parcialmente Observable (PDMPO).

1. Introdução

Na atualidade, inúmeras Instituições de Ensino Superior aplicam sistemas informatizados para gerenciar e armazenar os dados acadêmicos de seus alunos de forma estruturada. Apesar da elevada robustez dos atuais sistemas educacionais em processar informações em bases de dados extensas, esses não exploram suficientemente a extração de informações úteis sobre os processos de ensino e aprendizagem nos quais os alunos são submetidos. Obter-se um prognóstico do impacto das disciplinas fundamentais no futuro desempenho acadêmico do estudante, por exemplo, poderia contribuir significativamente para um melhor rendimento estudantil. Desta forma, a busca de informações relevantes sobre o comportamento e o desempenho acadêmico dos alunos ao longo da sua graduação é um campo fértil, interessante e crescente de investigação [1].

A busca por novas ferramentas para auxiliar os processos de ensino e aprendizagem em cursos de Engenharia tem promovido diversas pesquisas na área acadêmica. Entre elas se destaca a Mineração de Dados Educacionais (MDE), aplicada por diversos pesquisadores com o intuito de extrair as informações mais adequadas e relevantes sobre os alunos [2]. Essas informações podem orientar o professor a propor atividades extras e/ou de reforço, a fim de recuperar alunos com alto risco de reprovação, entre outras ações [3] [4] [5]. Os Sistemas Tutoriais Inteligentes (STIs), por sua vez, propõem tarefas e acumulam informações de dados dos estudantes, mas não analisam o comportamento do seu desempenho acadêmico ao longo da graduação [6] [7]. A fim de suprir tal carência, este trabalho propõe a utilização de um Agente de Avaliação do progresso dos alunos, desenvolvido por Santos [8], baseado no *Processo de Decisão de Markov Parcialmente Observável* (PDMPO) [9]. O PDMPO é um algoritmo aplicado para modelar processos através de um tratamento estocástico, com base no histórico de fatos e de decisões já tomadas [10]. O Agente de Avaliação desenvolvido possibilita obter observações parciais relativas das notas dos alunos em disciplinas já cursadas, a fim de identificar o comportamento de suas notas e modelar autonomamente o comportamento de futuros alunos que venham a ter alguma semelhança com os dados analisados. O Agente de Avaliação mede o esforço que um aluno aplicou para progredir no curso, baseando-se em uma relação de pares estado-ação e na análise das notas já obtidas pelo interessado. Neste trabalho, utilizou-se o Agente de Avaliação para analisar o desempenho dos alunos na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP) durante um período de dez anos (entre 2000 a 2010) como estudo de caso, visando obter-se, futuramente, um prognóstico de desempenho acadêmico dos alunos com comportamentos semelhantes aos modelados pelo agente.

2. Metodologia

Para a realização deste estudo, foram utilizados os dados fornecidos pela Secretaria de Graduação da EPUSP contendo as notas de 8.407 alunos que cursaram todas as disciplinas dos seus treze cursos, entre os anos 2000 a 2010. A identificação dos alunos foi mantida sob sigilo, atendendo-se o protocolo de segurança de dados pessoais da instituição. Os experimentos deste estudo foram realizados aplicando-se o Agente de Avaliação, desenvolvido em linguagem C (CSharp) e com Banco de Dados SqlServer, seguindo-se as ações indicadas na Figura 1.

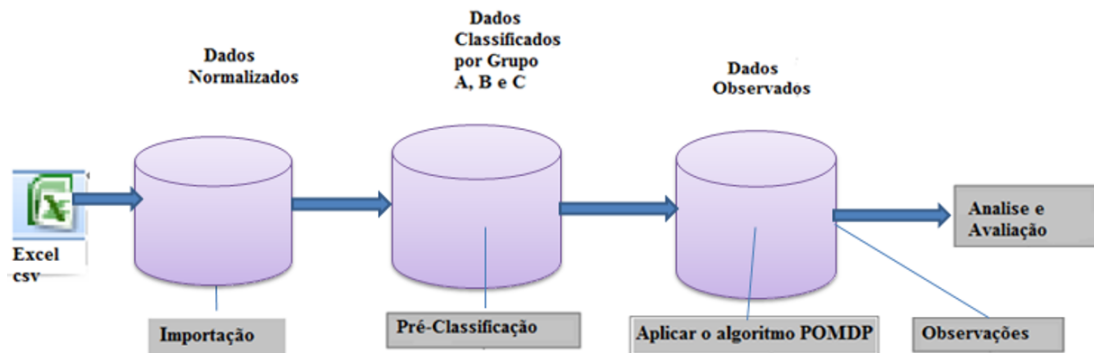
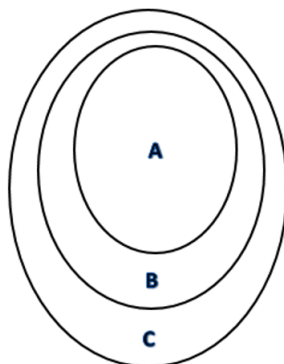


Figura 1. Fases da aplicação do experimento deste estudo com o módulo Agente de Avaliação.

As tarefas foram divididas em três grandes etapas. A primeira delas refere-se à importação das notas para a base de dados: informações referentes aos alunos, às notas, às disciplinas, aos períodos e aos cursos oferecidos na EPUSP foram importadas para uma mesma base de dados, sendo as informações agrupadas de acordo com suas características e semelhanças, evitando-se redundâncias. Na segunda etapa, efetuou-se uma pré-classificação dos alunos em três grupos, independentemente do curso ao qual estavam matriculados, denominados A, B e C, por meio das notas que obtiveram nas diversas disciplinas cursadas ao longo do período em análise. Os grupos formados representam as associações de baixo, médio e alto risco de ter progressão no curso, respectivamente, conforme ilustração da Figura 2. Intervalos de notas foram também designados em estados discretos (E0, E1, E2, E3, E4), de acordo com as faixas de valores especificadas no Quadro 1.



- A → Alunos que possuem somente notas iguais ou superiores a 5,0.
- B → Alunos que possuem pelo menos uma nota igual ou acima de 3,0.
- C → Alunos que possuem pelo menos uma nota inferior a 3,0.

Figura 2. Separação dos alunos nos grupos A, B e C.

Quadro 1. Estados e intervalos de notas associadas.

Estado	Intervalos de Notas	
E0	0	2
E1	2,1	4
E2	4,1	6
E3	6,1	8
E4	8,1	10

Na terceira e última etapa, aplicou-se o Agente de Avaliação para identificar os modelos de comportamento das notas obtidas, ou seja, os padrões de comportamento, por meio do movimento da Cadeia de Markov nos diversos estados, para que as observações fossem geradas. A partir das observações obtidas para cada um dos grupos, identificaram-se os esforços (neste caso, as notas) que os alunos realizaram, na tentativa de obterem a aprovação durante seu processo de formação na Universidade.

Por meio desse procedimento é exequível obter-se tanto uma visão global da instituição com os seus cursos existentes, foco desse trabalho, quanto seria possível obter-se uma visão do comportamento das notas dos alunos numa disciplina específica, a ser aplicado futuramente.

2.1. Execução do Agente de Avaliação em um Determinado Ciclo

O diagrama da Figura 3 apresenta os elementos que compõem o Agente de Avaliação em um determinado ciclo. Considere a situação em que um aluno necessite recuperar a nota para aprovação em uma determinada disciplina. Neste caso, o estado (t) compreenderá a primeira nota obtida, enquanto que o estado ($t + 1$) corresponderá ao estado da nota alcançada através de uma segunda avaliação. A transição T é uma operação que representa a passagem de um estado para outro de maior valor, ou a sua permanência no estado inicial, caso o aluno não consiga melhorar sua nota. A ação, por sua vez, corresponderá a uma medida a ser adotada, como por exemplo: aplicação de segunda avaliação, orientação de estudos específicos ou direcionados, ou mesmo implicará em cursar a disciplina novamente. Já o custo envolvido refere-se à nota que precisará tirar numa segunda avaliação ou no prejuízo em cursar a mesma disciplina mais de uma vez. Esforço, por sua vez, é a nota obtida imediatamente após a transição de estados. Gera-se, com isso, uma observação ($t + 1$) [11] [12], que armazena a ação adotada e o estado ($t + 1$) alcançado. As observações serão utilizadas para a formação da Matriz de Probabilidade das Transições no processo PDMPO.

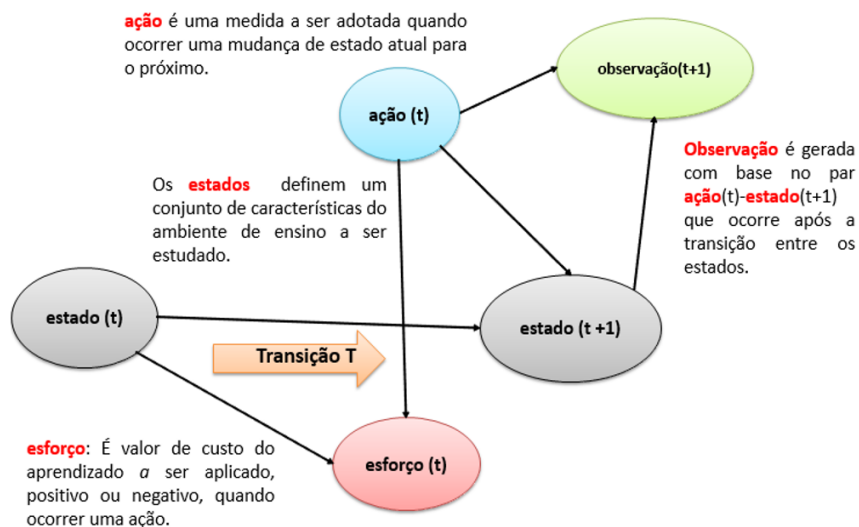


Figura 3. Relacionamento entre os estados, a ação, o esforço e a observação num ciclo do Agente de Avaliação baseado no POMDP.

3. Resultados e Discussão

No período entre 2000 a 2010 matricularam-se 8.407 alunos nos diversos cursos oferecidos pela EPUSP, distribuídos anualmente como indicado no Gráfico 1. Para melhor compreensão do ambiente de ensino analisado, identificou-se que a maioria dos alunos deste período, cerca de 94 % do total, ingressou no curso de Engenharia por meio do vestibular.

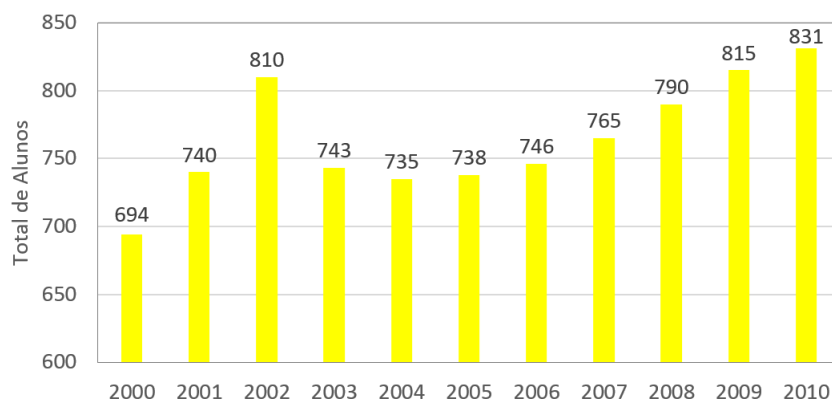


Gráfico 1. Número de alunos matriculados por ano, EPUSP, 2000 a 2010.

Os dados contabilizados, apresentados no Quadro 2 e no Gráfico 2, informam apenas que o índice de aprovação nas disciplinas oferecidas em todas as Engenharias é significativo: da ordem de 81 %, enquanto que o índice de reprovações por nota, frequência e ambas é em torno de 17 %. Para os casos de desistência e de transferência, em torno de 2 %, as notas não são atribuídas aos alunos e não foram utilizadas neste estudo.

Quadro 2. Distribuição das notas por resultado obtido dos alunos nas disciplinas cursadas.

Resultado da nota	Descrição	Quantidade
A	Aprovado	439275
RN	Reprovado por nota	63638
RA	Reprovado por ambas	28507
D	Desistente	8787
RF	Reprovado por Frequência	375
T	Transferência	3
AR	Aprovado c/ Recuperação	2
	Total de Notas	540587

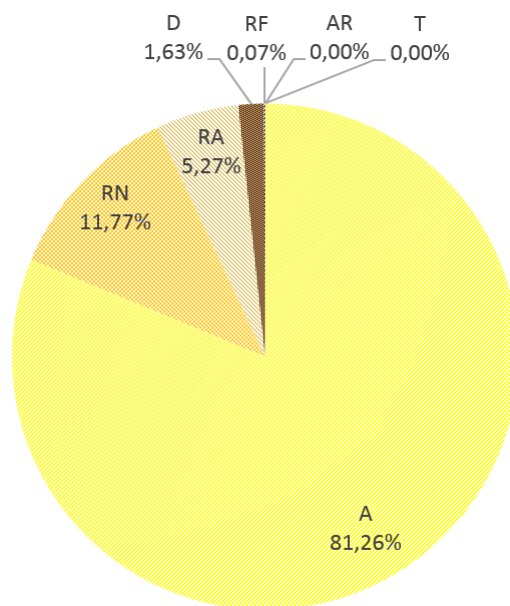


Gráfico 2. Resultados das notas dos alunos nas disciplinas cursadas, EPUSP, 2000 a 2010.

O resultado da classificação dos alunos nos grupos A, B ou C efetuada ano a ano ao longo do período sob análise está apresentado no Quadro 3 e no Gráfico 3. Conclui-se apenas através dessa organização de dados que a maioria dos alunos se concentra nos grupos B e C. Isso significa que cerca de 85 % dos alunos observados tiveram ao menos alguma nota de avaliação acadêmica inferior a “5” ao longo da graduação. Não há como extrair outras informações importantes desta análise, como, por exemplo, quantificar o número de alunos que necessitou de segunda avaliação por meio de provas de recuperação, ou mesmo quantas vezes o aluno necessitou cursar a mesma disciplina para alcançar a aprovação.

Quadro 3. Distribuição das notas por resultado obtido dos alunos nas disciplinas cursadas.

Anos	Quantidade de notas Grupo A	Quantidade de notas Grupo B	Quantidade de notas Grupo C	Total
2000	95	226	373	694
2001	100	183	457	740
2002	102	166	542	810
2003	102	178	463	743
2004	98	160	477	735
2005	83	176	479	738
2006	91	188	467	746
2007	115	213	437	765
2008	136	176	478	790
2009	131	254	430	815
2010	165	217	449	831

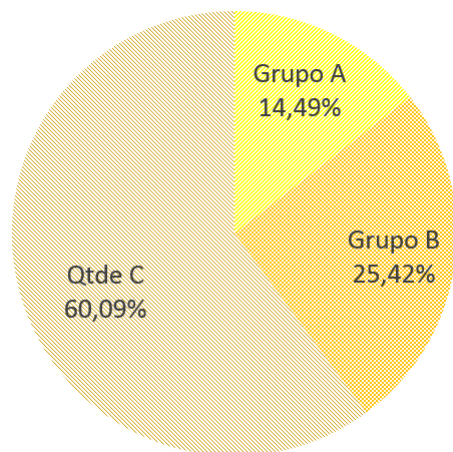


Gráfico 3. Visão geral da classificação dos alunos nos grupos A, B e C, EPUSP, 2000 a 2010.

O Agente de Avaliação proposto neste trabalho é então acionado, restringindo-se o estudo do comportamento dos alunos àqueles situados nos estados E1 e E2 do Quadro 1. Tais estados abrangem a faixa de notas dos alunos que reprovaram alguma disciplina, mas que possuem média mínima para realizarem provas de recuperação na EPUSP. Nesta análise, assume-se que o esforço deverá ser maior ou igual a “5” para que se obtenha a aprovação em uma segunda avaliação. O agente, por sua vez, soma os esforços ocorridos nas mudanças de estados observados em cada um dos grupos analisados, sobre um total e 356.848 notas atribuídas aos alunos durante o período de 2000 a 2010.

O Quadro 4 sintetiza o resultado da somatória dos esforços obtidos na segunda avaliação para os grupos A, B e C. De forma indireta, estes valores caracterizam o custo adicional que os alunos dos grupos B e C tiveram para obter aprovação nas disciplinas do seu curso, visto que o grupo A é composto por alunos que nunca fizeram recuperação, resultando em esforço nulo. Por outro lado, o grupo C é aquele que apresentou no maior esforço para obter a nota de aprovação, como esperado. No entanto, somente a partir da análise da matriz de transições ocorridas entre estados [8] é possível identificar quantos alunos do grupo C conseguiram obter a nota de aprovação em uma segunda avaliação.

Quadro 4. Esforços separados por grupos A, B e C.

Total de esforços do grupo A	Total de esforços do grupo B	Total de esforços do grupo C
0	49251	304593

O algoritmo de Markov por Observação, aplicado nos grupos analisados, permitiu destacar o esforço para almejar a aprovação nos grupos B e C, em conformidade com os resultados das notas registradas nos Gráficos 4(a), 4(b), 5(a), 5(b), 6(a) e 6(b).



Gráfico 4(a). Esforços realizados e notas obtidas pelos alunos, no Grupo A.

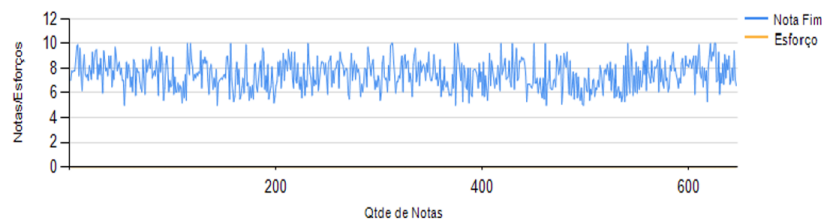


Gráfico 4(b). Amostragem das notas e dos esforços realizados pelo Grupo A de 10 alunos.

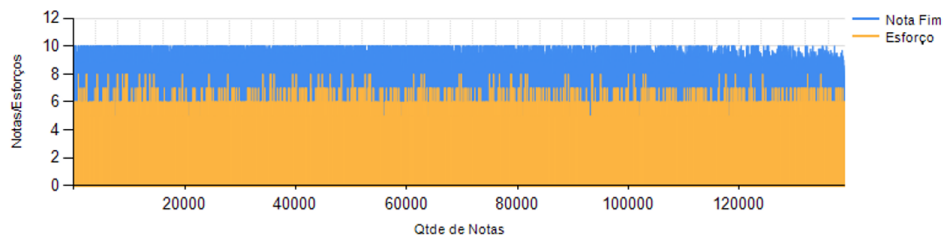


Gráfico 5(a). Esforços realizados e notas obtidas pelos alunos, no Grupo B.

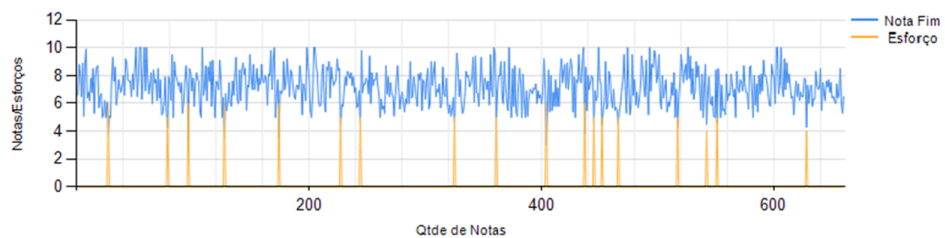


Gráfico 5(b). Amostragem das notas e dos esforços realizados pelo Grupo B de 10 alunos.

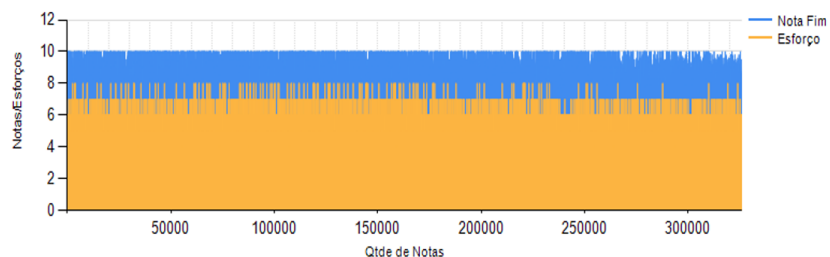


Gráfico 6(a). Esforços realizados e notas obtidas pelos alunos, no Grupo C.

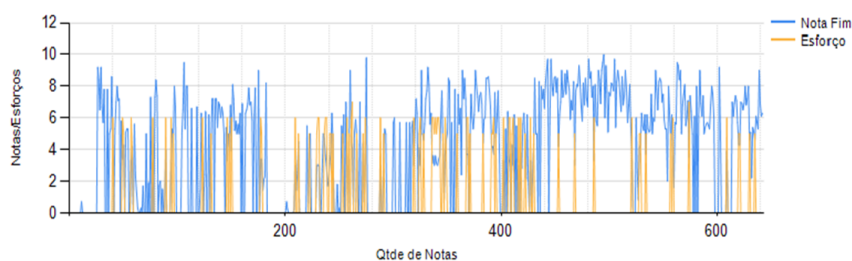


Gráfico 6(b). Amostragem das notas e dos esforços realizados pelo Grupo C de 10 alunos.

Os Gráficos 4(a), 5(a), 6(a) mostram os esforços realizados e notas obtidas pelos alunos nos grupos A, B e C da Escola Politécnica da USP, no período de 2000 a 2010; por outro lado, os Gráficos 4(b), 5(b), 6(b) apresentam uma amostragem das notas e dos esforços realizados pelos três grupos, selecionando-se apenas o comportamento de 10 alunos por grupo. Tais figuras sintetizam as notas obtidas na primeira avaliação (quantidade de ocorrências e valores obtidos) e os esforços resultantes de uma segunda avaliação realizados pelos grupos A, B e C ao longo do período de análise. As notas e os esforços variam de zero a dez, no entanto, o esforço para alcançar aprovação em uma segunda avaliação deve ser igual ou superior a “5” [8]. Valores inferiores a “5” correspondem a esforços que não geraram índice mínimo para aprovação, no entanto, são também contabilizados.

Os Gráficos 4, 5, 6 indicam também que há incidência significativa de avaliações para alcançar aprovação no grupo C e, muitas vezes, sem sucesso. Os Gráficos 4(a), 5(a), 6(a) destacam o elevado número de notas e de esforços associados ao grupo C com relação aos alunos do grupo A e B: cerca de 350.000 notas são atribuídas ao grupo C, ao passo que os grupos B e A concentram cerca de 120.000 e 5.000 notas, respectivamente. Ao observar-se o desempenho de apenas 10 alunos por grupo, como ilustrado nos Gráficos 4(b), 5(b), 6(b), nota-se claramente um índice superior de tentativas para obter-se a aprovação em disciplinas na segunda avaliação para o grupo C em relação aos demais grupos. Este resultado caracteriza a necessidade de uma ação de maior valor de utilidade para os alunos que estão no grupo C, com um número maior de medidas a serem adotadas, por meio de revisões ou criação de disciplinas de apoio que possam auxiliá-los a suprir as dificuldades apresentadas ao longo dos anos. Por outro lado, o número de aprovações indicado na Figura 5, extraído de uma análise estatística simplificada, não reflete a quantidade de vezes que os alunos cursaram determinada disciplina até obterem a aprovação, tornando tal dado pouco conclusivo, pois não ressalta a dificuldade dos estudantes para atingirem seu objetivo, que é a conclusão do curso.

4. Conclusões

A utilização do Agente de Avaliação baseado no algoritmo de Markov por Observação permitiu avaliar o comportamento acadêmico dos alunos do curso de Engenharia da Escola Politécnica da USP durante o período de 2000 a 2010. Os alunos foram classificados em três grupos de estudo: A (baixo risco), B (risco médio) e C (risco alto), sendo possível obter, a partir dos grupos e das notas, o comportamento do aluno nas diversas disciplinas oferecidas dos cursos de Engenharia.

Os dados obtidos da análise efetuada indicam a necessidade de outorgar maior atenção aos grupos B e C, para entender quais são as dificuldades encontradas pelos alunos, procurando prover melhorias referentes às avaliações e disciplinas de apoio necessárias.

Sugere-se que o Agente de Avaliação proposto neste trabalho seja uma ferramenta a ser utilizada em outros cursos, utilizando-se sua própria base de dados, e que possa ser o primeiro passo para identificar o comportamento dos seus alunos. A seguir, por meio deste diagnóstico, devem-se adotar medidas adequadas para auxiliá-los a alcançarem a aprovação ao longo da sua jornada acadêmica com menor custo.

Referências

- [1] E. Costa, R. S. J. d. Baker, L. Amorim, J. Magalhães, T. Marinho, “Mineração de Dados Educacionais: conceitos, técnicas, ferramentas e aplicações”, in *Jornada de Atualização em Informática na Educação – JAIE 2012*, vol. 1, 2012, pp. 1-29.
- [2] R. S. J. d. Baker, S. Isotani, A. M. J. B. Carvalho, “Mineração de Dados Educacionais: oportunidades para o Brasil”, *Revista Brasileira de Informática na Educação – RBIE*, vol. 19, no. 2, p. 1-13, 2011.
- [3] E. Gottardo, C. A. A. Kaestner, R. V. Noronha, “Avaliação de desempenho de estudantes em cursos de Educação a Distância utilizando Mineração de Dados”, in *I Workshop de Desafios da Computação Aplicada à Educação (DESAFIE 2012)*, in *XXXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação – CBSC*, Curitiba: Ed. Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2012, pp. 30-39.
- [4] S. J. Rigo; S. C. Cazella, W. Cambuzzi, “Minerando Dados Educacionais com foco na evasão escolar: oportunidades, desafios e necessidades”, *I Workshop de Desafios da Computação Aplicada à Educação (DESAFIE 2012)*, in *XXXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação – CBSC*, Curitiba: Ed. Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2012, pp. 168–177.
- [5] L. M. B. Manhães, S. M. S. Cruz, R. J. M. Costa, J. Zavaleta, G. Zimbrão, “Previsão de estudantes com risco de evasão utilizando técnicas de Mineração de Dados”, in *XVII Workshop de Informática na Escola (WIE)*, in *XXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, Aracajú: Ed. Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2011, pp. 150-159.
- [6] D. Roy, S. Chakraborty, P. K. Bhowmick, A. Basu, “An authoring system for developing Intelligent Tutoring System”. *Students Technology Symposium, (TechSym)*, IEEE, vol. 1, pp. 196-205, 2010.
- [7] A. J. C. Kampff, “Mineração de Dados Educacionais para geração de alertas em ambientes virtuais de aprendizagem como apoio a prática docente”, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Tese (Doutorado).
- [8] SANTOS, V. “Tutor de ensino: módulo de Agente de Avaliação do comportamento de alunos no aprendizado em cursos de Engenharia”, Universidade de São Paulo, 2016. Dissertação (Mestrado).
- [9] A. R. Cassandra, “A survey of POMDP applications”, in *AAAI 1998 Fall Symposium on Planning with Partially Observable Markov Decision Processes*, vol. 1724, Orlando, Flórida, 1998.
- [10] P. J. Durlach, A. M. Lesgold, “Adaptive Technologies for Training and Education”, New York, NY: Cambridge University Press, 2012, 360 p.

- [11] M. Kitajma, N. Kariva, H. Takagi, Y. Zhang, "Evaluation of website usability using Markov chains and latent semantic analysis", in *IEICE Transactions on Communications*, vol. E88-B, no. 4, pp. 1467-1475, April 2005.
- [12] G. Booch, *Object oriented analysis and design with applications*, 2nd ed., Santa Clara, CA: Addison-Wesley, 1994, 543 p.

