



ARTIGO

MINERAÇÃO DE PROCESSOS PARA MONITORAMENTO PREDITIVO

POR

Denise Maria Vecino Sato, Deborah Ribeiro Carvalho e Edson Emílio Scalabrin
denise.sato@ifpr.edu.br, ribeiro.carvalho@pucpr.br e scalabrin@ppgia.pucpr.br

A área de mineração de processos disponibiliza diferentes técnicas e ferramentas para monitorar os processos de negócio, permitindo visualizar como eles ocorrem na prática a partir dos dados armazenados pelos sistemas de informação [5]. Você tem interesse em conhecer seus processos como realmente acontecem no dia a dia? Essas técnicas e ferramentas com certeza podem lhe ajudar nisso, pois, através dos dados obtidos em logs de eventos é possível visualizar o

modelo do seu processo (descoberta), compará-lo com o que deveria acontecer (verificação de conformidade) ou enriquecê-lo com mais dados que estejam disponíveis para uma visão mais ampla (enriquecimento). Inicialmente, você pode obter um log de eventos de um período passado, contendo *traces* completos e finalizados, e então aplicar técnicas que permitem conhecer e entender o que já ocorreu no seu processo. A partir dessa análise do passado, utilizando a mineração de processos, é possível traçar planos de

melhoria. No entanto, podemos ir além do entendimento e análise do que já passou, aproveitando o conhecimento obtido para monitorar o que está acontecendo e atuar nas situações em andamento. Se conhecer o que ocorreu já é um grande avanço para identificação de problemas e melhorias em situações futuras, imagine se você puder combinar esse conhecimento e atuar nas situações ainda em andamento? O termo suporte operacional é utilizado para indicar a combinação de dados já ocorridos no processo, utilizando log de eventos com *traces* completos, com dados de situações em andamento, descritos por *traces* parciais [5]. Através do suporte operacional é possível atuar nos casos em curso, influenciando nos seus andamentos e desfechos, por exemplo, prevendo que a entrega do seu produto para o cliente vai atrasar ou mesmo identificando a possibilidade de falta de algum recurso com antecedência. Uma forma de atuar sobre os casos em andamento é utilizando o *Monitoramento Preditivo de Processos*, que permite prever informações futuras sobre casos ainda em andamento, ou seja, incompletos [2]. Vamos entender melhor o que poderia ser essa predição em uma situação prática. .

Podemos considerar o cenário de um paciente que é atendido pelo Serviço de Urgência e Emergência, percorrendo o processo que acompanha todas as atividades desse atendimento: acolhimento pela equipe administrativa, avaliação de enfermagem para classificação de risco (definição da priorização do atendimento), espera pela consulta médica, a consulta médica em si, realização de exames até um dos possíveis desfechos—internação, alta (libe-

ração para retorno à casa) ou mesmo interrupção do cuidado (fuga). Como o monitoramento preditivo poderia ser aplicado nesse processo? Inicialmente precisamos avaliar qual *tipo de predição* seria interessante para o processo. Então, indicar se a sequência de atividades para um paciente em atendimento incluirá exames e internação é considerada uma *predição do próximo evento* (execução de uma atividade). Também poderíamos prever em quanto tempo o paciente realizará o próximo exame; nesse caso teríamos a predição de um valor numérico, portanto uma *predição de medida*. Já prever o desfecho de um paciente entre as categorias internação, alta ou interrupção, seria a *predição de categorias pré-definidas*. É possível agrupar as saídas do monitoramento nesses três tipos de predição: *categorias pré-definidas, medida ou próximo evento* [2].

Além do tipo de predição, precisamos considerar quais e qual tipo de informação possuímos como *entrada* para o treinamento do nosso modelo. Podemos considerar informações relacionadas a sequência de atividades do processo, ou seja, os históricos anteriores dos pacientes (*traces*). Também podem ser incluídos dados relacionados aos eventos, como quando ocorreu o exame (*timestamp*) ou mesmo em qual sala ele foi realizado e qual médico foi o responsável. Em muitas situações possuímos informação não estruturada, como por exemplo, o histórico médico que foi coletado na triagem com o paciente ou ainda informação relacionado ao contexto do processo, como a disponibilidade de um leito para internamento do paciente. Esses dados podem ser necessários dependendo

do tipo de predição escolhida. Por exemplo, para prever quando o paciente será internado é necessário considerar a disponibilidade de leito além do histórico e situação atual do paciente.

Diferentes *abordagens* foram propostas para construção de modelos preditivos em processos, e podemos agrupá-las em duas categorias: *baseada em modelo*, que utiliza um modelo de processo enriquecido para fornecer predições, ou *aprendizagem supervisionada*, que basicamente utiliza modelos preditivos herdados da área de aprendizagem de máquina ou técnicas estatísticas para gerar as predições [2]. A técnica por trás do modelo preditivo vai buscar sempre uma forma de melhorar a acurácia das predições no cenário analisado, ou seja, quão próximo da realidade a saída do modelo preditivo está.

Apesar de ser uma área relativamente nova, diferentes pesquisas vêm sendo apresentadas na área de monitoramento

preditivo de processo, como pode ser verificado nas revisões disponíveis na literatura [1, 3]. Podemos classificar os trabalhos considerando o *tipo de predição*, a *abordagem adotada* e a *entrada* utilizada [2], como detalhamos no exemplo.

Para aplicar o monitoramento preditivo em processos precisamos de duas etapas: a fase de aprendizagem e treinamento, e a fase de execução e predição, conforme apresentado na Figura 1. Na etapa de treinamento, deve-se considerar o tipo de predição desejado, qual a abordagem a ser adotada e quais dados estão disponíveis para entrada. Nesta etapa, a acurácia do modelo deve ser avaliada para buscar predições mais próximas à realidade. Após o modelo ter sido treinado e avaliado, ele pode ser utilizado na etapa de execução. Aqui, um *trace* incompleto (ainda em andamento) é encaminhado ao modelo com as demais informações de entrada necessárias e o resultado da predição é fornecido.

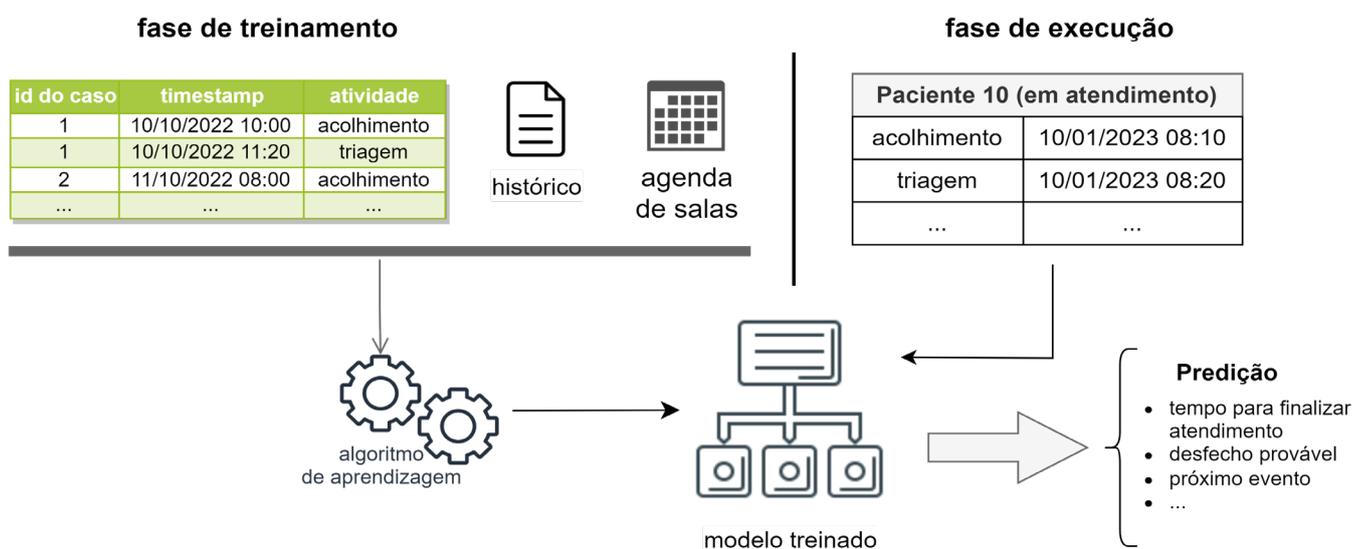


FIG. 01 | ETAPAS DO MONITORAMENTO PREDITIVO DE PROCESSOS.

Apesar de um modelo preditivo ter apresentado uma boa acurácia durante a validação e um período de execução, ele pode se tornar menos preciso ao longo do tempo. Isso muitas vezes está associado ao fato de que os processos são dinâmicos e tendem a mudar e evoluir. A situação

na qual um processo muda em um determinado momento do tempo é chamada de *mudança de conceito* [4]. Os modelos utilizados no monitoramento preditivo de processos devem ser continuamente avaliados para garantir sua acurácia, ou mesmo atualizados em situações de *mudança de conceito*.

Referências

1. DI FRANCESCO MARINO CHIARA AND GHIDINI, C.; M. F. M. AND M. F. Predictive Process Monitoring Methods: Which One Suits Me Best? In: M. and W. I. and vom B. J. Weske Mathias and Montali (Org.); Business Process Management. Anais... p.462–479, 2018. Cham: Springer International Publishing.
2. DI FRANCESCO MARINO CHIARA AND GHIDINI, C. Predictive Process Monitoring. In: J. van der Aalst Wil M. Pand Carmona (Org.); Process Mining Handbook. p.320–346, 2022. Cham: Springer International Publishing.
3. MARQUEZ-CHAMORRO, A. E.; RESINAS, M.; RUIZ-CORTES, A. Predictive monitoring of business processes: A survey. IEEE Transactions on Services Computing, v. 11, n. 6, p. 962–977, 2018.
4. RESINAS, M.; RUIZ-CORT, A.; M, A. E. Predictive Monitoring of Business Processes : A Survey. IEEE Transactions on Services Computing, v. 11, n. 6, p. 962–977, 2018.
5. SATO, D. M. V.; DE FREITAS, S. C.; BARDDAL, J. P.; SCALABRIN, E. E. A Survey on Concept Drift in Process Mining. ACM Computing Surveys, v. 54, n. 9, p. 1–38, 2022. ACM PUB27 New York, NY.
6. VAN DER AALST, W. Operational Support. Process Mining: Data Science in Action. p.301–321, 2016. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.



DENISE MARIA VECINO SATO é Professora no Instituto Federal do Paraná - Campus Curitiba, com mestrado (2014) e doutorado em Informática (2022) pela PUCPR. Atua como pesquisadora na área de inteligência artificial, com foco atual na detecção de mudança de conceito na mineração de processos.



DEBORAH RIBEIRO CARVALHO é Professora da Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR, com mestrado (1999) e doutorado (2002) em Informática pela PUCPR e doutorado em Computação de Alto Desempenho pela UFRJ (2005). Atua como pesquisadora em inteligência artificial aplicada à saúde nas áreas clínica e de gestão.



EDSON EMÍLIO SCALABRIN é Professor da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, com mestrado (1993) e doutorado (1996) em Controle de Sistemas pela Université de Technologie de Compiègne (França). Atua como pesquisador em inteligência artificial e ciência de dados.