

ARTIGO ORIGINAL

OntoLearnWell: uma ontologia baseada em contextos orientada ao bem-estar emocional no ambiente educacional

OntoLearnWell: a context-based ontology oriented to emotional well-Being in the educational environment

Helder Moreira Arruda ¹, Sandro Oliveira Dorneles ²,
Leandro Miletto Tonetto ³, Elvis Fernandes Bugs ⁴,
Giovani Cheuiche Pesenti ⁴, Rafael Kunst ¹, Jorge Luis Victória Barbosa ¹

¹Universidade do Vale do Rio dos Sinos, ²Instituto Federal do Rio Grande do Sul, ³Georgia Institute of Technology (EUA),
⁴HT Micron Semicondutores

*helderarruda@edu.unisinos.br; pfsandro@yahoo.com.br; ltonetto@gmail.com; elvis.bugs@htmicon.com.br;
giovani.pesenti@htmicon.com.br; rafaelkunst@unisinos.br; jbarbosa@unisinos.br

Recebido: 12/09/2022. Revisado: 10/04/2023. Aceito: 25/04/2023.

Resumo

A aprendizagem ubíqua surgiu da combinação das tecnologias de computação ubíqua com modelos de aprendizagem focados em mobilidade e na adaptação aos diferentes contextos do cotidiano do aprendiz. Desta forma, essa tecnologia pode ser oferecida como um recurso nas relações do aprendiz com o contexto educacional, permitindo oferecer, encontrar e recuperar informações na interação do aprendiz com o ambiente de aprendizagem. O entendimento dessas relações pode ajudar na organização de informações que impactam a aprendizagem e a tomada de decisões na regulação do bem-estar deles na busca por uma aprendizagem mais significativa. A organização de dados em formato de informações de contexto, que inclui identidade, local, tempo e *status*, facilita a análise de resultados e tomada de decisão por parte de gestores educacionais. Ontologias têm o propósito de armazenar e compartilhar conhecimento por meio de classes e relações. Este artigo propõe a ontologia OntoLearnWell, com foco em aprendizagem ubíqua e bem-estar emocional usando informações de contexto. A ontologia foi implementada na linguagem Python e consultas SPARQL foram utilizadas para extração de dados, usando como cenário uma escola de ensino médio e a relação entre professores e alunos durante uma aula prática em laboratório.

Palavras-Chave: Aprendizagem Ubíqua; bem-estar; contextos; ontologia.

Abstract

Ubiquitous learning emerged from the combination of ubiquitous computing technologies with learning models focused on mobility and adaptation to the different contexts of the student's daily life. In this way, this technology can be offered as a resource in the student's relationship with the educational context, allowing to offer, find and retrieve information in the student's interaction with the learning environment. Understanding these relationships can help to organize information that impacts students learning and make decisions to regulate their well-being in the search for more meaningful learning. The organization of data in context information format, which includes identity, place, time and status, facilitates the analysis of results and decision making by educational managers. Ontologies are intended to store and share knowledge through classes and relationships. This article proposes the OntoLearnWell ontology, focusing on ubiquitous learning and emotional well-being using context information. The ontology was implemented in Python language and SPARQL queries were used to extract data, using as a scenario a high school and the relationship between teachers and students during a practical laboratory class.

Keywords: Contexts; ontology; ubiquitous Learning; well-being.

1 Introdução

Ao longo do tempo a evolução das tecnologias da informação e comunicação tem gerado transformações e impactado cada vez mais o modo de vida da sociedade. Segundo [Carvalho \(1997\)](#), “sociedade e tecnologia são fenômenos indissociáveis e as transformações que ocorrem num deles altera, reciprocamente, o outro”.

Aprender, parte da relação que estabelecemos com o meio em que vivemos, é uma experiência pessoal que consiste na construção do conhecimento através do uso, organização, estruturação e compreensão da informação nas diferentes relações com o ambiente educacional.

Assim, não há como separar as tecnologias do nosso cotidiano educacional. Dessa forma, surgem novas abordagens nas mais diferentes áreas da educação, sejam presenciais ou à distância. Além disso, ambientes virtuais, objetos ou jogos educacionais têm possibilitado um aumento na quantidade de dados gerados e coletados. A análise e interpretação desses dados de forma eficaz pode possibilitar um melhor acompanhamento do aprendiz, indicando e propondo caminhos que possibilitem melhorar os processos de aprendizagem ([Ferreira et al., 2020](#); [da Silva et al., 2021](#)).

Aprendizagem Ubíqua, ou *U-learning*, refere-se ao conjunto de processos de aprendizagem apoiados por tecnologias digitais que possibilitem a integração dos alunos e seu ambiente de aprendizagem, considerando seu cotidiano, suas relações sociais e seu ambiente físico de modo a potencializar oportunidades de aprendizagem contínua, contextualizadas e significativas ([Saccol et al., 2011](#); [Silva et al., 2021](#)).

Além disso, o convívio social entre alunos de modo a promover a troca de ideias é fundamental tanto para o aprendizado cooperativo, onde prevalece a cooperação voluntária entre os participantes, como para o aprendizado colaborativo, onde os envolvidos compartilham informações e as tomadas de decisão com o objetivo de solucionar um problema específico ([Cárdenas-Robledo e Peña-Ayala, 2018](#)).

O bem-estar emocional é um importante fator no desenvolvimento positivo dos jovens aprendizes, exercendo influência tanto nos resultados obtidos na escola como no trabalho. O ambiente escolar é fundamental para a evolução do bem-estar emocional e social, proporcionando o aprendizado de habilidades para o reconhecimento e o gerenciamento de emoções, observando outras perspectivas e mantendo relações sociais ([Barry et al., 2017](#)). Ainda, o bem-estar emocional revela a capacidade de uma pessoa experimentar emoções, humores e pensamentos positivos e lidar com situações adversas estressantes. Além disso, em ambientes universitários, o bem-estar pessoal está associado a consciência emocional, a melhoria da saúde mental e ao gerenciamento do estresse ([Gandía-Carbonell et al., 2022](#)). Estresse é um conceito que se refere a aspectos psicológicos e biológicos, podendo ocorrer durante situações cognitivas e emocionais ([Koldijk et al., 2018](#)). Variações em parâmetros fisiológicos, como atividade eletrodérmica, podem ser atribuídas a situações de estresse ([Dias et al., 2020](#); [Cavallo et al., 2021](#)).

O uso de ontologias para compartilhar o entendimento sobre domínios é uma prática estratégica na gestão do co-

nhecimento. Entidades, instâncias, relações, funções e axiomas compõem um domínio. O compartilhamento de conhecimento, as inferências lógicas e a reutilização de conhecimento são algumas razões para desenvolver modelos de contexto baseados em ontologias. A linguagem OWL (*Web Ontology Language*) é uma opção para criar e gerenciar ontologias amplamente utilizada ([Xiao Hang Wang et al., 2004](#)). O W3C (*World Wide Web Consortium*) propôs a linguagem OWL para estender as limitações do *framework* RDF (*Resource Description Framework*), também usado para representar ontologias. A linguagem OWL possui três sub-linguagens distintas: OWL Full, OWL DL e OWL Lite. Todas as sub-linguagens usam a mesma sintaxe XML do *framework* RDF ([Antonioniou e van Harmelen, 2004](#)).

O conceito de contexto, de acordo com [Dey et al. \(2001\)](#), compreende a identificação única de uma entidade, juntamente com o local de ocorrência, o momento no tempo em que ocorreu, além de um *status* ou valor dessa informação, que corresponde a uma informação de contexto. Séries temporais contendo informações organizadas de contexto são chamadas de Históricos de Contextos ([Aranda et al., 2021](#); [Filippetto et al., 2021](#); [Lima et al., 2022](#)).

A contribuição científica deste artigo é a proposta da ontologia OntoLearnWell, baseada em contextos com foco em aprendizagem ubíqua e bem-estar emocional. Uma escola de ensino médio fictícia foi utilizada como cenário e a ontologia foi implementada na linguagem de programação *Python*, levando em consideração tanto aspectos educacionais como sinais vitais de alunos e professores. Foram utilizados dados sintéticos que referem-se a um momento específico na linha do tempo, ocorrido durante uma aula prática conduzida em laboratório.

A [Seção 2](#) aponta os trabalhos relacionados e indica a principal contribuição da ontologia proposta nesse artigo. A [Seção 3](#) apresenta o modelo da ontologia OntoLearnWell, descrevendo suas classes e relações. A [Seção 4](#) mostra os critérios de avaliação adotados no trabalho e a implementação da OntoLearnWell, explicando as ferramentas utilizadas para implementar a ontologia. A [Seção 5](#) descreve o cenário educacional proposto, que consiste em uma escola fictícia e nas interações entre alunos e professores. A [Seção 6](#) apresenta a discussão com exemplos de interação entre alunos. Por fim, a [Seção 7](#) mostra a conclusão do trabalho.

2 Trabalhos Relacionados

Esta seção analisa os trabalhos relacionados em comparação com a ontologia proposta, indicando as principais contribuições da OntoLearnWell. Foram buscados trabalhos com ontologias relacionadas à aprendizagem ubíqua e ao bem-estar.

[Hong e Cho \(2008\)](#) propuseram uma arquitetura conceitual e uma ontologia para ambientes de aprendizagem ubíqua sensíveis ao contexto estabelecidos em escolas. A arquitetura conceitual CALA (*Context Aware Learning Architecture*) é composta por um agente pessoal, uma entidade computacional, um sensor e um agente de atividade. A ontologia CALA-ONT define pessoas, lugares, atividades e entidades computacionais no formato de classes, além de doze propriedades referentes às relações entre os indivíduos. Os autores supõem que a escola em questão funciona

Tabela 1: Comparação com os trabalhos relacionados.

Artigos Critérios	Hong e Cho (2008)	Ramaprasad (2009)	Weal et al. (2012)	Atif et al. (2015)	Larentis et al. (2021)	OntoLearnWell
Bem-estar emocional	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
Sensível ao contexto	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Consultas SPARQL	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Sinais vitais	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
Autorrelato	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
Inferências	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

como um ambiente de aprendizagem ubíquo funcional.

Ramaprasad (2009) apresentou uma ontologia de alto nível para aprendizagem ubíqua usando como estudo de caso a medicina baseada em evidências. A ontologia foi demonstrada no formato de colunas de texto, onde cada coluna representa uma dimensão do problema formando uma matriz n -dimensional. As colunas principais representam as dimensões *Ubiquity* e *Learning*. A coluna *Ubiquity* foi decomposta nas dimensões *Temporal*, *Semiotic* e *Spatial*, que podem gerar até 24 combinações. A coluna *Learning* foi dividida nas dimensões *Entities* e *Technologies*, capazes de gerar até 16 combinações. Em conjunto as dimensões *Ubiquity* e *Learning* podem gerar até 384 combinações.

Weal et al. (2012) demonstraram o funcionamento de uma ontologia por meio de protótipos em ambientes simulados, cujo principal objetivo era o melhor entendimento do processo de aprendizagem de alunos da área de saúde. A ontologia se divide em *Session* e *Annotation*, responsáveis respectivamente pelas sessões de tratamento de pacientes e pelas anotações dos eventos ocorridos durante as sessões. As sessões de tratamentos compreendem os alunos, instrutores, vídeos e objetos de interesse. As anotações dos eventos incluem o autor da anotação, o vídeo anotado e a sessão correspondente. Os autores realizaram três ensaios em pequena escala para validar a ontologia, sendo o primeiro com anotações textuais manuais, o segundo envolvendo anotações de áudio e o terceiro com anotações baseadas no local de posicionamento.

Atif et al. (2015) adotaram uma abordagem centrada no usuário para desenvolver uma ontologia focada em seu perfil, de modo a adaptar serviços e aplicações conforme preferências e necessidades. O escopo do trabalho envolve aprendizagem ubíqua, aprendizagem dependente do contexto e aprendizagem móvel. O objetivo é situar os alunos em um *campus* universitário inteligente, capaz de fornecer informações de contexto, dando suporte ao aprendizado colaborativo e promovendo o trabalho em equipe. A ontologia faz parte do *framework* PERLEARN (*Pervasive LEARNING*), que utiliza as linguagens OWL e SPARQL para realizar inferências.

Larentis et al. (2021) desenvolveram uma ontologia focada na representação do conhecimento de assistência educacional em doenças crônicas não transmissíveis. O trabalho engloba os campos da educação e da saúde de forma multidisciplinar. A ontologia inclui informações sobre o perfil de saúde dos pacientes e as relações entre as doenças e os seus fatores de risco, possibilitando a pro-

posta de assistência personalizada e ações de prevenção. A modelagem permite a interação direta entre os sistemas de informação de saúde e as pessoas envolvidas, com acesso aos históricos de contextos das informações armazenadas. Os autores elaboraram perguntas de competência para definir o escopo da ontologia, que foram validadas por meio de consultas SPARQL.

A Tabela 1 apresenta uma comparação entre os trabalhos relacionados e a OntoLearnWell. Nenhuma das ontologias propostas pelos trabalhos abordou a questão do bem-estar emocional em ambientes de aprendizagem utilizando informações de contexto que relacionam sinais vitais e dados de autorrelato. Os autorrelatos são autoavaliações feitas pelos usuários em formato de questionários (Craig et al., 2020). Essa abordagem diferenciada do bem-estar emocional em ambientes de aprendizagem consiste na contribuição científica da OntoLearnWell. A próxima seção apresenta o modelo da ontologia, descrevendo o diferencial científico desse trabalho.

3 Modelo da OntoLearnWell

Esta seção apresenta o modelo da ontologia OntoLearnWell, que tem como um de seus objetivos recuperar informações sobre o contexto dos alunos no ambiente de aprendizagem. O contexto neste ambiente apresenta dados como perfil do aluno, localização, relações sociais, situação fisiológica, interesses, objetivos de aprendizagem e eventos que podem influenciar no bem-estar e nos processos de aprendizagem. Ontologias com suporte a informações de contexto para recomendação de conteúdo educacional e formação de grupos de aprendizado, são contribuições para aprimorar o processo de aprendizagem ubíqua (Ferreira et al., 2020).

Tabela 2: Métricas da ontologia OntoLearnWell.

Métrica	Valor
Axiomas	313
Axiomas lógicos	204
Axiomas de declaração	109
Classes	36
Propriedades de objetos	24
Indivíduos	50

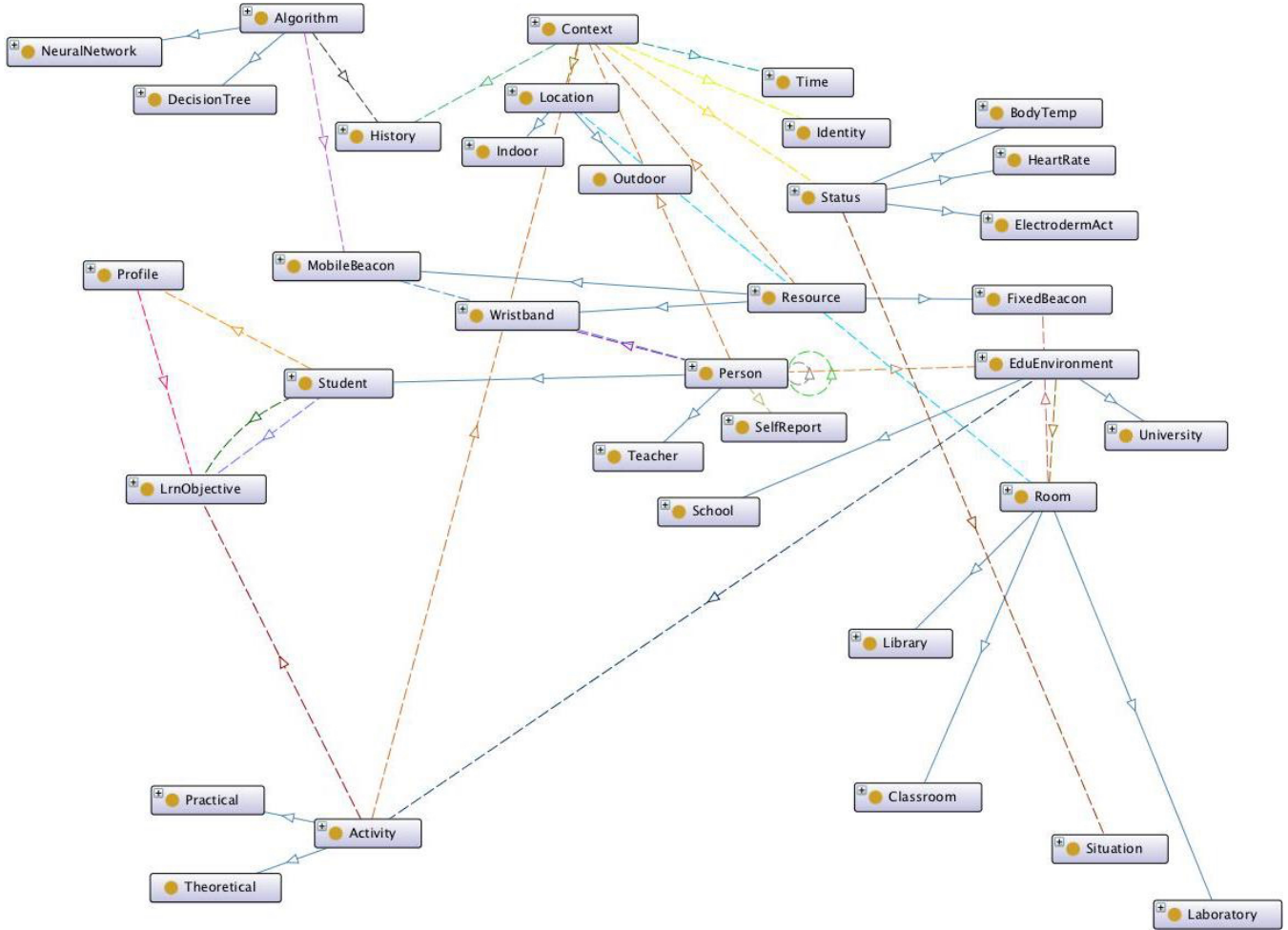


Figura 1: Classes e relações da ontologia OntoLearnWell.

A Tabela 2 apresenta as métricas da ontologia OntoLearnWell, incluindo a classe principal *owl:Thing*. Para facilitar a visualização, a Fig. 1 mostra as 35 classes e 26 relações que compõem a OntoLearnWell, desconsiderando a classe *owl:Thing*. A classe *EduEnvironment* representa ambientes educacionais e possui as subclasses *University*, referente a universidades, e *School*, referente a escolas. O cenário descrito neste artigo utiliza como exemplo uma escola de ensino médio. A classe *EduEnvironment* se relaciona com *Room*, que representa as dependências do ambiente educacional, e podem ser bibliotecas (*Library*), salas de aula (*Classroom*) e laboratórios (*Laboratory*). A relação *hasRoom* indica que um ambiente educacional possui dependências. A Tabela 3 mostra as relações entre as classes.

A classe *Person* representa pessoas e possui as subclasses *Teacher*, referente a professores, e *Student*, referente a estudantes. A relação *attendsEduEnvironment* indica que pessoas frequentam ambientes educacionais. Estudantes possuem perfis (*Profile*) e têm objetivos de aprendizagem (*LrnObjective*). A relação *likes* indica que um estudante pode gostar de um objetivo de aprendizagem e a relação *hasInterest* indica que um determinado perfil pode ter interesse por um objetivo de aprendizagem.

A classe *Activity* define que um ambiente educacional

possui atividades que podem ser teóricas (*Theoretical*) ou práticas (*Practical*), e a relação *usesLrnObjective* indica que atividades usam objetivos de aprendizagem. Além disso, atividades possuem contextos representados pela classe *Context*. Uma informação de contexto é composta por identidade (*Identity*), localização (*Location*), tempo (*Time*) e status (*Status*) (Dey et al., 2001).

Apesar do cenário apresentado nesse artigo utilizar a localização de pessoas dentro de uma escola (*Indoor*), a ontologia também suporta localização em ambientes externos (*Outdoor*). O *status* de uma informação de contexto pode ser uma descrição ou um valor específico como temperatura do corpo (*BodyTemp*), frequência cardíaca (*HeartRate*) ou atividade eletrodérmica (*ElectrodermAct*).

A classe *Resource* aponta os recursos utilizados no ambiente educacional, os quais podem ser beacons móveis (*MobileBeacon*), beacons fixos (*FixedBeacon*) e pulseiras (*Wristband*). Pessoas utilizam beacons móveis e pulseiras, como indicam as relações *usesMobileBeacon* e *usesWristband*. Dependências possuem beacons fixos, como indica a relação *hasFixedBeacon*. A relação *hasContext* mostra que recursos também possuem contextos.

A classe *History* representa os históricos de contextos, que são as informações de contexto organizadas na linha

Tabela 3: Relações da ontologia OntoLearnWell.

Classe	Relação	Classe	Classe	Relação	Classe
Activity	hasContext	Context	Person	attendsEduEnvironment	EduEnvironment
Activity	usesLrnObjective	LrnObjective	Person	usesMobileBeacon	MobileBeacon
Algorithm	usesHistory	History	Person	collaboratesTo	Person
Algorithm	locatesMobileBeacon	MobileBeacon	Person	cooperatesTo	Person
Context	produceHistory	History	Person	answersSelfReport	SelfReport
Context	hasIdentity	Identity	Person	usesWristband	Wristband
Context	hasLocation	Location	Profile	hasInterest	LrnObjective
Context	hasStatus	Status	Resource	hasContext	Context
Context	hasTime	Time	Room	hasFixedBeacon	FixedBeacon
EduEnvironment	hasActivity	Activity	Status	indicates	Situation
EduEnvironment	hasRoom	Room	Student	hasLrnObjective	LrnObjective
Location	belongsTo	Room	Student	likes	LrnObjective
Person	hasContext	Context	Student	hasProfile	Profile

do tempo (Dorneles et al., 2020). A classe *Algorithm* representa algoritmos de aprendizado de máquina como Redes Neurais (*NeuralNetwork*) e Árvores de Decisão (*Decision-Tree*) (Bonaccorso, 2017). Os algoritmos podem consultar históricos de contextos, por meio da relação *usesHistory*, com o objetivo de localizar beacons móveis, através da relação *locatesMobileBeacon*.

A classe *Situation* refere-se a uma situação específica indicada por um determinado *status* usando a relação *indicates*. A situação pode ser uma alteração na frequência cardíaca ou na temperatura corporal de uma pessoa. Nesse caso, a classe *SelfReport* representa um autorrelato que pode ser respondido pelo indivíduo que encontra-se nessa situação, por meio da relação *answersSelfReport*.

A seguir serão apresentados os critérios de avaliação e a forma de implementação da OntoLearnWell, indicando a linguagem de programação e as bibliotecas utilizadas.

4 Avaliação e Implementação

Para avaliar a ontologia OntoLearnWell conforme a metodologia de Noy e McGuinness (2001), foram elaboradas as seguintes questões de competência que serão respondidas e comentadas na Discussão (Seção 6):

- (QC1) Em que local da escola uma determinada pessoa se encontra?
- (QC2) Quais são os alunos presentes em uma determinada aula?
- (QC3) Existe interesse dos alunos pela disciplina em questão?
- (QC4) Quais as relações sociais do aluno a partir da sua localização?
- (QC5) Qual a situação fisiológica do aluno em determinado contexto?

- (QC6) Quais ambientes, relações e objetivos de aprendizagem impactam no bem-estar do aluno?

Para responder as questões de competência na Seção 6, a ontologia OntoLearnWell foi implementada usando *Python*, uma linguagem de programação orientada a objetos de alto nível, que possibilita a utilização de bibliotecas desenvolvidas por terceiros com o objetivo de reutilizar métodos já implementados e validados pela comunidade acadêmica (Van Rossum e Drake, 2009; Fuhrer et al., 2021).

A biblioteca *Owlready* foi utilizada para a criação das classes, relações e indivíduos da ontologia, usando o conceito de Programação Orientada a Ontologias. Esse conceito possibilita criar classes e relações como se fossem classes da Programação Orientada a Objetos, e indivíduos como se fossem objetos de uma classe, a partir de instâncias de classes. O script *Python* desenvolvido armazena a ontologia em um arquivo no formato OWL, que pode ser editado por outras ferramentas (Lamy, 2017, 2021).

A ferramenta *Protégé* foi escolhida para a visualização da ontologia, pois oferece a possibilidade de visualização de todos os componentes, indicando classes com um círculo amarelo e indivíduos com um losango roxo, posicionados à esquerda do nome do componente. Apesar deste trabalho ter usado o *Protégé* somente para visualização, a ferramenta também permite a edição da ontologia (Musen, 2015).

A Fig. 2(A) mostra um exemplo de classes, relações e indivíduos. A classe *EduEnvironment* se relaciona com *Room* por meio da relação *hasRoom*. A classe *Classroom* é sub-classe de *Room* e possui os indivíduos *ClassroomA* e *ClassroomB*, que representam duas salas de aula. A Fig. 2(B) mostra o código fonte em *Python* responsável pela geração dos elementos.

A próxima seção descreve o cenário educacional proposto, criado com dados sintéticos, para avaliar a funcionalidade da ontologia.

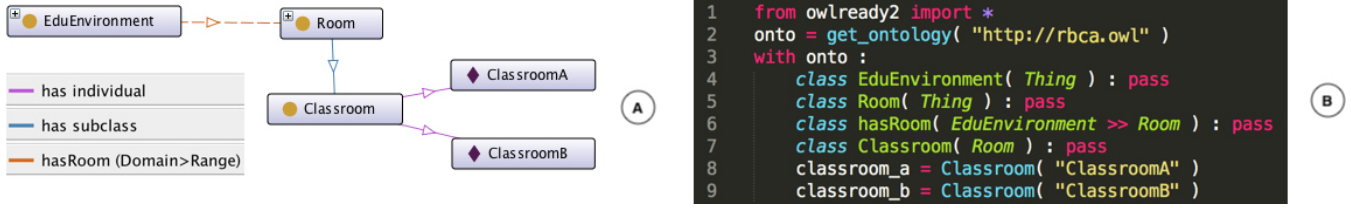


Figura 2: (A) Exemplo de classes, relações e indivíduos. (B) Código fonte em Python que gerou os elementos.

5 Cenário Educacional

O cenário educacional proposto para avaliação compreende uma escola de ensino médio com seis dependências e três pessoas. A Fig. 3 mostra a planta baixa da escola que possui Saguão (*School Lobby*), Biblioteca Básica (*Basic Lib*), Sala dos Professores (*Teachers Room*), Salas de Aula A e B (*Classroom A* e *Classroom B*) e um Laboratório de Ciências (*Science Lab*). Também fazem parte do cenário a professora *Mary Major*, os alunos *John Doe* e *Jane Doe*, aqui referenciados por *Mary*, *John* e *Jane*, respectivamente. Os três encontram-se no Laboratório de Ciências.

Em cada dependência da escola há um Beacon Fixo (*Fixed Beacon*), que é um dispositivo responsável pela transmissão de sinais de rádio em conjunto com Beacons Móveis, com o objetivo de localizar os portadores dos dispositivos móveis por meio de um indicador numérico que mede a potência dos sinais (Huh e Seo, 2017). A precisão da localização de dispositivos em ambientes *indoor* é fundamental para o processo de rastreamento de pessoas. Este processo torna-se mais difícil a medida que a área

de cobertura aumenta e os pontos de referência sofrem deslocamento (Almeida et al., 2020). Com o objetivo de melhorar a precisão da localização, são utilizados algoritmos de aprendizado de máquina capazes de identificar uma localização previamente determinada em um ambiente *indoor*, com base em informações organizadas em históricos de contextos (Carvalho et al., 2019).

O cenário retrata um momento no tempo ocorrido durante uma aula prática de Biologia, em 26/04/2022 às 16h39, no Laboratório de Ciências. Estavam presentes no ambiente a professora *Mary* e os alunos *Jane* e *John*. Todos os presentes usavam um dispositivo de localização interna (relação *usesMobileBeacon*) e uma pulseira responsável por medir os sinais vitais (relação *usesWristband*).

A Fig. 4(A) mostra exemplos de informações de contexto coletadas durante a aula. A aula é identificada pelo indivíduo *BiologyLabClass*, tem sua localização indicada pelo indivíduo *Lab*, o tempo em que ocorreu é representado pelo indivíduo *20220426_164900* e o *status* pelo indivíduo *InProgress*. Esses quatro indivíduos representam uma informação de contexto. A Fig. 4(B) exibe o código fonte de

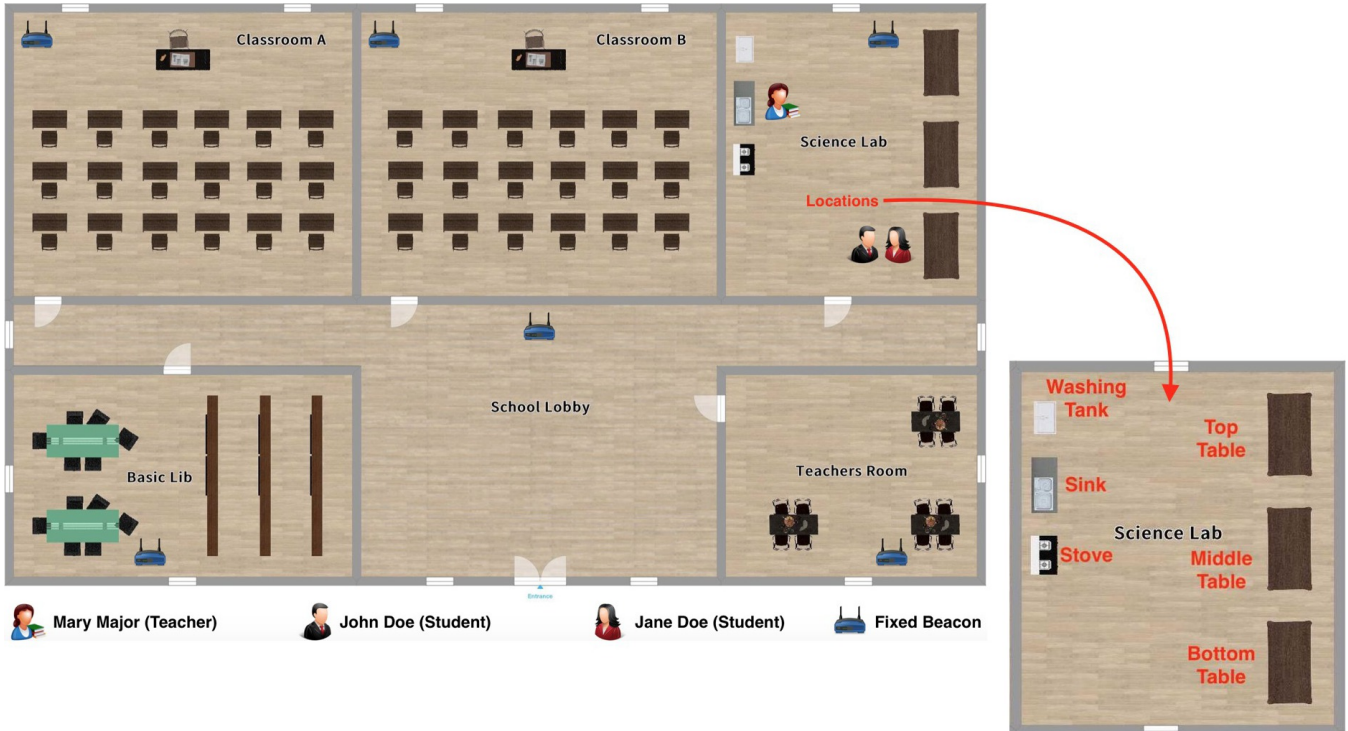


Figura 3: Planta baixa de uma escola de ensino médio utilizada como cenário.

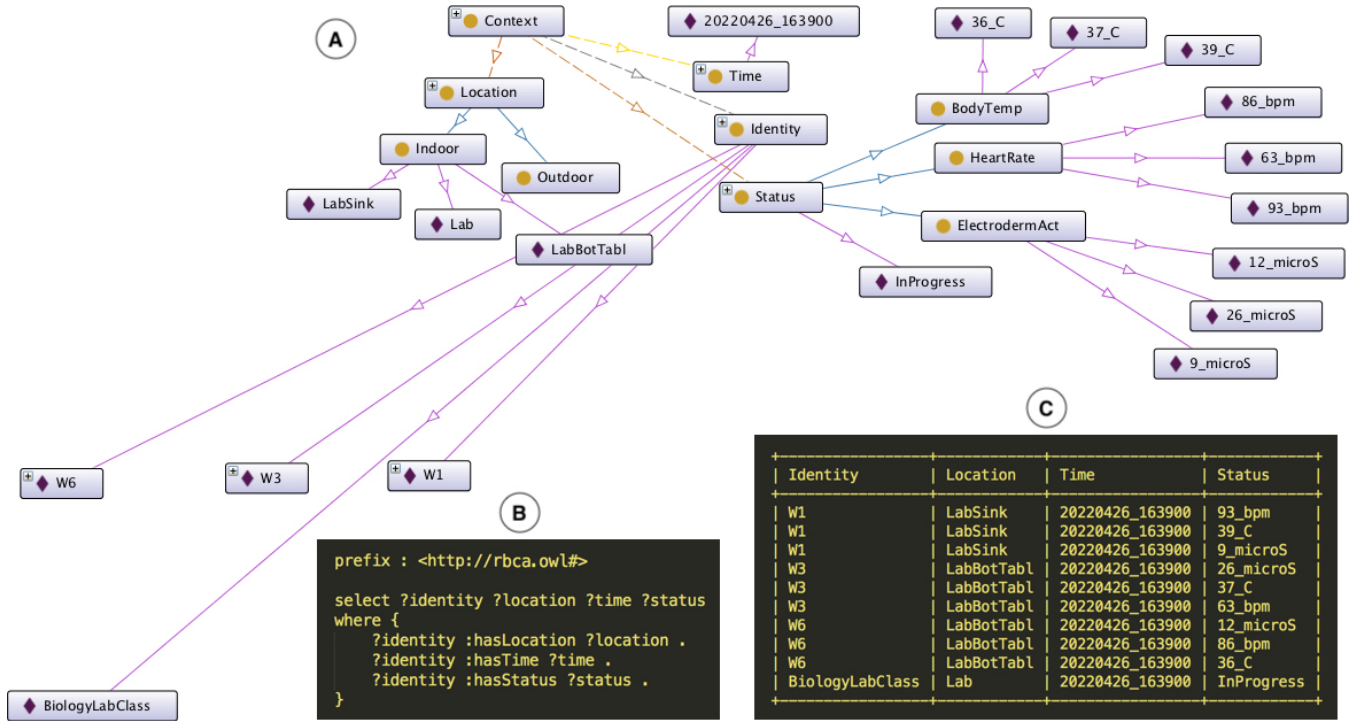


Figura 4: Exemplos de informações de contexto.

uma consulta SPARQL, que tem por objetivo retornar as informações de contexto com base em identidade, localização, tempo e status, como mostra o resultado, na Fig. 4(C).

As pulseiras usadas por cada uma das pessoas são identificadas pelos indivíduos W1 (Mary), W3 (John) e W6 (Jane). Cada pulseira gera três informações de contexto referentes a temperatura do corpo, frequência cardíaca e atividade eletrodérmica. Usando Jane como exemplo, a aluna tem a temperatura do corpo em 36 graus Celsius, frequência cardíaca de 86 batimentos por minuto e atividade eletrodérmica em 12 Microsiemens. Todas as informações de contexto são armazenadas no formato de históricos de contextos para consultas posteriores.

A localização dentro da escola é definida pela interação dos beacon móveis com os beacons fixos. Os beacons móveis são identificados pelos indivíduos M1 (Mary), M3 (John) e M6 (Jane). A professora Mary encontra-se nas proximidades da pia, como indica o indivíduo *LabSink*, e os alunos Jane e John estão próximos a mesa localizada na parte inferior do laboratório, como indica o indivíduo *LabBotTabl*. O laboratório de ciências foi previamente mapeado de modo a identificar a localização de pessoas em pontos considerados relevantes, como as mesas de trabalho (*Top Table*, *Middle Table* e *Bottom Table*), o tanque de lavagem (*Washing Tank*), a pia (*Sink*) e o fogão (*Stove*). O objetivo da localização é identificar grupos de pessoas, como Jane e John.

A seguir serão apresentadas as respostas das questões de competência, incluindo a interação entre professores e alunos no ambiente educacional.

6 Discussão

Duas ou mais pessoas trabalhando em conjunto com foco em um mesmo objetivo constituem uma equipe (Filho et al., 2021). No cenário descrito, os alunos Jane e John trabalham juntos durante uma aula prática de Biologia ocorrida no laboratório. Apesar da disciplina ser obrigatória, de acordo com informações do perfil dos alunos, Jane tem interesse por Biologia e John, não. O interesse por um determinado objetivo de aprendizagem pode ser um indicio de proatividade, o que influencia positivamente o desempenho do aluno (Amaral et al., 2011). No caso da falta de interesse, situações relacionadas a alterações no sistema nervoso do aluno podem ocorrer durante atividades deste objetivo de aprendizagem, de modo a prejudicar seu desempenho.

A boa condição de saúde é fundamental para o bem-estar de professores e alunos. Sinais vitais como a temperatura do corpo ajudam a identificar casos de febre e outras situações que interferem no desempenho pessoal, além de por em risco a saúde de outros frequentadores da escola (Mitrata et al., 2022). Na aula prática de Biologia, a professora Mary apresenta temperatura corporal de 39 graus Celsius, o que é um indicio de febre e deve ser averiguado (Holt et al., 2020).

A Fig. 5 mostra uma consulta SPARQL que indica os alunos presentes no laboratório em um momento específico da aula. O aluno John, que não tem interesse pela disciplina de acordo com as informações do seu perfil, apresenta alteração na atividade eletrodérmica. Esta alteração indica situação de transpiração, o que pode ser um indicio de desconforto em relação à atividade desempenhada no momento.

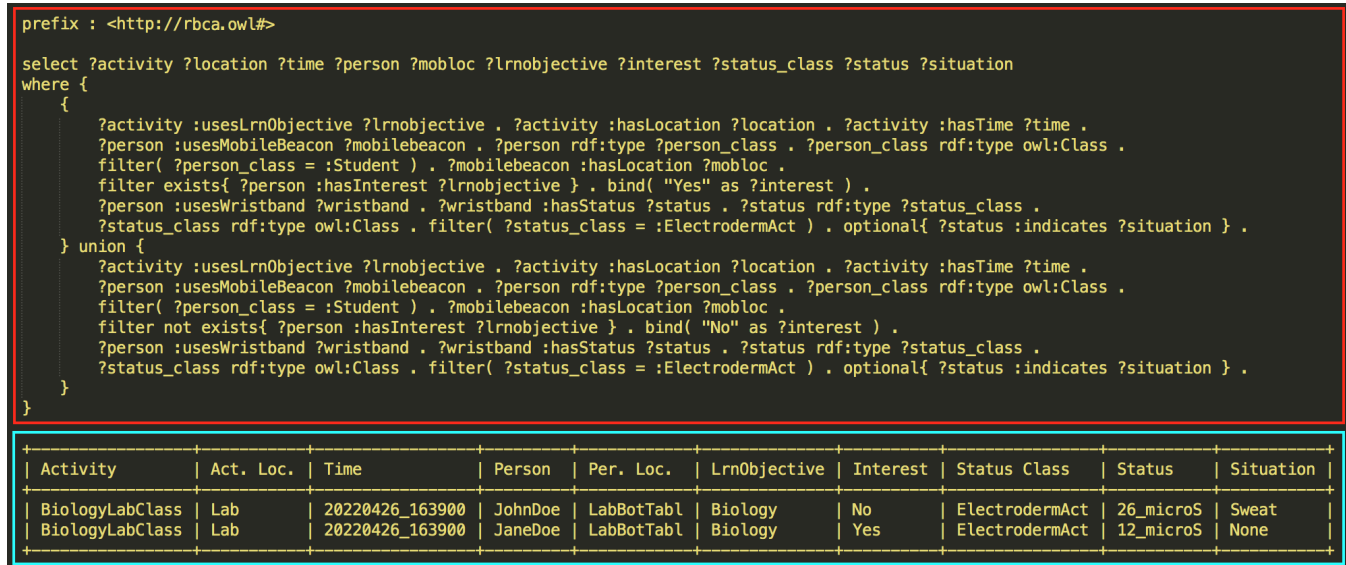


Figura 5: Consulta SPARQL que retorna os alunos presentes na aula prática de Biologia, com informações sobre interesse pela disciplina, atividade eletrodérmica e a situação indicada pelo sinal vital. A sentença SPARQL está destacada por uma linha vermelha, na parte superior da figura, e os resultados estão destacados por uma linha azul, na parte inferior.

Uma vez que a ontologia possui as informações de situações adversas (classe *Situation*), uma mensagem privada pode ser enviada a pessoa que está passando por essa situação pedindo que responda um autorrelato (classe *SelfReport*). Dessa forma, um aluno que esteja em dificuldade ou uma professora que não esteja se sentindo bem, podem relatar a situação e pedir ajuda, evitando uma possível situação de constrangimento.

Para relacionar as experiências emocionais aos dados levantados pela OntoLearnWell citados até o momento, uma diversidade de instrumentos de autorrelato já validados nos idiomas português e inglês pode ser utilizada. Para tanto, todas as pessoas poderão preenchê-los de forma sistemática e/ou quando solicitadas em função da observação de algum evento crítico, como a febre da professora ou um potencial conflito. Para ilustrar a aplicação, pode-se citar o *Self Assessment Manikin* (SAM), que leva em consideração as dimensões valência (prazer-desprazer), excitação (agitação-relaxamento) e dominância (submissão-controle). A técnica parte do uso de figuras (manequins), ou seja, é uma escala pictórica simples, que utiliza cinco imagens para representar cada uma das três dimensões (Bradley e Lang, 1994). Medidas repetidas podem revelar, por exemplo, variações de estados emocionais de uma pessoa em diferentes ambientes. Por exemplo, experimenta prazer, excitação e sente-se no domínio do ambiente durante atividades práticas no laboratório, mas sente desprazer e percebe-se submissa em uma aula convencional realizada em sala de aula.

Usando a consulta SPARQL mostrada na Fig. 5 é possível responder e comentar as questões de competência apresentadas previamente na Seção 4. A sentença SPARQL encontra-se na parte superior da figura, destacada por uma linha vermelha. Os resultados são mostrados na parte inferior, destacados por uma linha azul.

A QC1 tem como objetivo indicar em que local da es-

cola uma determinada pessoa se encontra. Para localizar um aluno ou professor no interior da escola são utilizadas informações dos beacons fixos (instalados nas dependências) e móveis (portados por cada pessoa). A coluna *Per. Loc.* indica a localização de uma determinada pessoa, no caso do exemplo os alunos John e Jane. Ambos se encontram próximos a uma mesa de trabalho localizada na parte inferior do laboratório (*LabBotTabl*).

A QC2 refere-se aos alunos presentes em uma determinada aula. A coluna *Activity* indica que está ocorrendo uma aula de Biologia no laboratório (*BiologyLabClass*), em que estão presentes os alunos John e Jane. Caso a escola tivesse mais de um laboratório, seria possível identificar em qual deles está ocorrendo a aula por meio da coluna *Act. Loc.*

A QC3 investiga o interesse dos alunos pela disciplina em questão, representada pelo objetivo de aprendizagem da coluna *LrnObjective*. Para tanto, é necessário que o aluno tenha informado previamente esse interesse, indicado pela coluna *Interest*. No exemplo, a aluna Jane tem interesse por Biologia e o aluno John, não.

A QC4 indaga sobre as relações sociais do aluno a partir da sua localização. É provável que alunos próximos uns aos outros, desenvolvendo a mesma atividade, estabeleçam contato e venham a cooperar mutuamente. As colunas *Activity* e *Per. Loc.* com valores iguais são indicativos de uma provável formação de grupo.

A QC5 verifica a situação fisiológica do aluno em um determinado contexto. A coluna *Status Class* indica o tipo de sinal vital medido naquele instante, a coluna *Status* mostra o valor do sinal e a coluna *Situation* descreve a situação, caso haja alguma alteração. No exemplo, a situação do aluno John indica suor (*Sweat*), provocado por uma alteração na Atividade Eletrodérmica (*ElectrodermAct*), que pode estar sendo ocasionada por algo relacionado com a atividade desempenhada no momento.

A QC6 analisa os ambientes, relações e objetivos de

aprendizagem que impactam no bem-estar do aluno. A resposta dessa questão envolve a utilização de autorrelato em conjunto com cada um dos aspectos de contexto do aluno. Usando o exemplo de John, que estava suando (*Situation*) durante uma aula de Biologia (*Activity*), seria necessário que o aluno fosse questionado naquele momento sobre o seu estado emocional. Isso poderia indicar alguma dificuldade que o aluno tivesse vivendo naquele instante, talvez por falta de interesse (*Interest*) na disciplina em questão (*LrnObjective*).

7 Conclusão

Este trabalho apresentou uma proposta de ontologia baseada em contextos, cujo objetivo principal é servir de apoio ao processo de aprendizagem ubíqua no ambiente educacional, levando em consideração o bem-estar emocional de professores e alunos. Para isso, foram utilizados dados sintéticos referentes a professores e alunos de uma escola de ensino médio. A ontologia foi implementada com a linguagem de programação *Python*, sendo possível embutir consultas SPARQL capazes de retornar conjuntos de dados relacionados.

A avaliação da ontologia demonstrou, por meio da implementação, a funcionalidade da OntoLearnWell em ambientes educacionais. As 35 classes e 26 relações foram utilizadas com dados sintéticos em uma aula prática de Biologia. Consultas SPARQL foram utilizadas para responder as questões de competência.

Para um teste efetivo será necessário utilizar a ontologia com dados gerados em um ambiente educacional real, de modo a validar o modelo. Além disso, outras situações relacionadas aos sinais vitais de alunos e professores precisam ser averiguadas e incluídas na ontologia, conforme a necessidade de cada ambiente. Porém, a sensorização completa de um ambiente educacional e das pessoas envolvidas se apresenta como um desafio devido ao custo dos sensores e equipamentos vestíveis. A situação ideal para uma coleta de dados efetiva é que todos os participantes tenham os sinais vitais coletados, o que implica em um custo proporcional ao número de indivíduos.

Como trabalhos futuros estão previstos a inclusão de outros dispositivos capazes de medir diferentes sinais vitais e o uso de novos algoritmos de aprendizado de máquina buscando prever situações de estresse no ambiente educacional. Ademais, é necessário armazenar os resultados de sensores no formato de *Data Properties* da ontologia, que possibilita a utilização de diferentes tipos de dados. Desta forma, será possível integrar dados de diferentes fontes e tipos, facilitando a organização e extração de dados dos históricos de contextos.

Agradecimentos

Os autores agradecem o financiamento do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, processos 23/2018 e 306395/2017-7), CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Código de Finanças 001) e FAPERGS (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul). Agradecemos também a Unisinos (Universidade do Vale do Rio dos Sinos) e

HT Micron Semicondutores pelo apoio à pesquisa.

Referências

- Almeida, F. B. d. C., Winkler, I. e De Senna, V. (2020). Sistemas de posicionamento indoor (IPS) para aplicações de realidade aumentada: uma avaliação da precisão, *Revista Brasileira de Computação Aplicada* 12(1): 104–112. <http://seer.upf.br/index.php/rbca/article/view/10139>.
- Amaral, É., Ávila, B., Zednik, H. e Tarouco, L. (2011). Laboratório Virtual de Aprendizagem: Uma Proposta Taxonômica, *RENOTE* 9(2). <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/24821>.
- Antoniou, G. e van Harmelen, F. (2004). Web Ontology Language: OWL, p. 26. https://doi.org/10.1007/978-3-540-24750-0_4.
- Aranda, J. A. S., Bavaresco, R. S., de Carvalho, J. V., Yamin, A. C., Tavares, M. C. e Barbosa, J. L. V. (2021). A computational model for adaptive recording of vital signs through context histories, *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. <http://link.springer.com/10.1007/s12652-021-03126-8>.
- Atif, Y., Mathew, S. S. e Lakas, A. (2015). Building a smart campus to support ubiquitous learning, *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* 6(2): 223–238. <http://link.springer.com/10.1007/s12652-014-0226-y>.
- Barry, M. M., Clarke, A. M. e Dowling, K. (2017). Promoting social and emotional well-being in schools, *Health Education* 117(5): 434–451. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/HE-11-2016-0057/full/html>.
- Bonaccorso, G. (2017). *Machine Learning Algorithms*, Packt Publishing Ltd. <https://www.packtpub.com/product/machine-learning-algorithms/9781785889622>.
- Bradley, M. M. e Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential, *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry* 25(1): 49–59. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0005791694900639>.
- Cárdenas-Robledo, L. A. e Peña-Ayala, A. (2018). Ubiquitous learning: A systematic review, *Telematics and Informatics* 35(5): 1097–1132. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0736585317308274>.
- Carvalho, E. C., Ferreira, B. V., Filho, G. P. R., Gomes, P. H., Freitas, G. M., Vargas, P. A., Ueyama, J. e Pessin, G. (2019). Towards a Smart Fault Tolerant Indoor Localization System Through Recurrent Neural Networks, *2019 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, IEEE, Budapest, Hungary, pp. 1–7. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8852007/>.
- Carvalho, M. G. (1997). Tecnologia, desenvolvimento social e educação tecnológica, *Revista Educação & Tecnologia* 1(1): 70–87. <http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/revedutec-ct/article/view/1011>.

- Cavallo, F., Semeraro, F., Mancioppi, G., Betti, S. e Fiorini, L. (2021). Mood classification through physiological parameters, *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* 12(4): 4471–4484. <https://link.springer.com/10.1007/s12652-019-01595-6>.
- Craig, K., Hale, D., Grainger, C. e Stewart, M. E. (2020). Evaluating metacognitive self-reports: systematic reviews of the value of self-report in metacognitive research, *Metacognition and Learning* 15(2): 155–213. <https://link.springer.com/10.1007/s11409-020-09222-y>.
- da Silva, L. M., Dias, L. P. S., Barbosa, J. L. V., Rigo, S. J., dos Anjos, J. C. S., Geyer, C. F. R. e Leithardt, V. R. Q. (2021). Learning analytics and collaborative groups of learners in distance education: a systematic mapping study, *Informatics in Education*. <https://infedu.vu.lt/doi/10.15388/infedu.2022.05>.
- Dey, A. K., Abowd, G. D. e Salber, D. (2001). A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-aware Applications, *Hum.-Comput. Interact.* 16(2): 97–166. https://doi.org/10.1207/S15327051HCI16234_02.
- Dias, L. P. S., Barbosa, J. L. V., Feijó, L. P. e Vianna, H. D. (2020). Development and testing of iAware model for ubiquitous care of patients with symptoms of stress, anxiety and depression, *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 187: 105113. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169260719304250>.
- Dorneles, S. O., Barbosa, D. N. F. e Barbosa, J. L. V. (2020). Sensibilidade ao contexto na identificação de estados afetivos aplicados à educação: um mapeamento sistemático, *RENOTE* 18(1). <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/105921>.
- Ferreira, L. G., Barbosa, J. L. V., Gluz, J. C., Matter, V. K. e Barbosa, D. N. F. (2020). Using Learner Group Profiles for Content Recommendation in Ubiquitous Environments, *International Journal of Information and Communication Technology Education* 16(4): 1–19. <http://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/IJICTE.2020100101>.
- Filho, G., De Cássia Silva Rodrigues, E. e Prest Mattedi, A. (2021). Uso de ferramentas colaborativas por equipes em um ambiente acadêmico, *RENOTE* 19(1): 42–51. <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/118388>.
- Filippetto, A. S., Lima, R. e Barbosa, J. L. V. (2021). A risk prediction model for software project management based on similarity analysis of context histories, *Information and Software Technology* 131: 106497. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950584920302391>.
- Fuhrer, C., Solem, J. E. e Verdier, O. (2021). *Scientific Computing with Python: High-performance scientific computing with NumPy, SciPy, and pandas*, Packt Publishing Ltd. <https://www.packtpub.com/product/scientific-computing-with-python-second-edition/9781838822323>.
- Gandía-Carbonell, N., Losilla, J.-M. e Viguer, P. (2022). Strategies to assess and promote the socio-emotional competencies of university students in the socio-educational and health fields: A scoping review protocol, *International Journal of Educational Research* 112: 101922. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S083035521001919>.
- Holt, S. G., Yo, J. H., Karschimus, C., Volpato, F., Christov, S., Smith, E. R., Hewitson, T. D., Worth, L. J. e Champion De Crespigny, P. (2020). Monitoring skin temperature at the wrist in hospitalised patients may assist in the detection of infection, *Internal Medicine Journal* 50(6): 685–690. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/imj.14748>.
- Hong, M.-w. e Cho, D.-j. (2008). Ontology Context Model for Context-Aware Learning Service in Ubiquitous Learning Environments, 2(3): 8. <http://www.etc.edu.cn/public/pages/reference-foreign/Ontology%20Context%20Model%20for%20Context-Aware%20Learning%20Service%20in%20Ubiquitous%20Learning%20Environments.pdf>.
- Huh, J.-H. e Seo, K. (2017). An Indoor Location-Based Control System Using Bluetooth Beacons for IoT Systems, *Sensors* 17(12): 2917. <http://www.mdpi.com/1424-8220/17/12/2917>.
- Koldijk, S., Neerincx, M. A. e Kraaij, W. (2018). Detecting Work Stress in Offices by Combining Unobtrusive Sensors, *IEEE Transactions on Affective Computing* 9(2): 227–239. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7572141/>.
- Lamy, J.-B. (2017). Owlready: Ontology-oriented programming in Python with automatic classification and high level constructs for biomedical ontologies, *Artificial Intelligence in Medicine* 80: 11–28. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0933365717300271>.
- Lamy, J.-B. (2021). *Ontologies with Python - Programming OWL 2.0 Ontologies with Python and Owlready2*, Apress. <https://www.apress.com/br/book/9781484265512>.
- Larentis, A. V., Neto, E. G. d. A., Barbosa, J. L. V., Barbosa, D. N. F., Leithardt, V. R. Q. e Correia, S. D. (2021). Ontology-Based Reasoning for Educational Assistance in Non-communicable Chronic Diseases, *Computers* 10(10): 128. <https://www.mdpi.com/2073-431X/10/10/128>.
- Lima, R., Filippetto, A. S., Heckler, W., Barbosa, J. L. e Leithardt, V. R. (2022). Towards ubiquitous requirements engineering through recommendations based on context histories, *PeerJ Computer Science* 8: e794. <https://peerj.com/articles/cs-794>.
- Mitratza, M., Goodale, B. M., Shagadatova, A., Kovacevic, V., van de Wijgert, J., Brakenhoff, T. B., Dobson, R., Franks, B., Veen, D., Folarin, A. A., Stolk, P., Grobbee, D. E., Cronin, M. e Downward, G. S. (2022). The performance of wearable sensors in the detection of SARS-CoV-2 infection: a systematic review, *The Lancet Digital Health* 4(5): e370–e383. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S258975002200019X>.
- Musen, M. A. (2015). The protégé project: a look back and a look forward, *AI Matters* 1(4): 4–12. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2757001.2757003>.

- Noy, N. F. e McGuinness, D. L. (2001). *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*, *Stanford KSL Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880* p. 25. https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf.
- Ramaprasad, A. (2009). Ubiquitous Learning: An Ontology, *Ubiquitous Learning: An International Journal* 1(1): 57–66. <https://cgscholar.com/bookstore/works/ubiquitous-learning-an-ontology>.
- Saccol, A., Schlemmer, E., Barbosa, J. e Hahn, R. (2011). M-learning e u-learning: novas perspectivas da aprendizagem móvel e ubíqua, *São Paulo: Pearson* 30. <https://www.amazon.com.br/M-learning-u-learning-perspectivas-aprendizagem-ub%C3%ADqua/dp/8576053772>.
- Silva, L. G., Neto, E. G. d. A., Francisco, R., Barbosa, J. L. V., Silva, L. A. e Leithardt, V. R. Q. (2021). ULearnEnglish: An Open Ubiquitous System for Assisting in Learning English Vocabulary, *Electronics* 10(14): 1692. <https://www.mdpi.com/2079-9292/10/14/1692>.
- Van Rossum, G. e Drake, F. L. (2009). *Python 3 Reference Manual*, CreateSpace, Scotts Valley, CA. <https://docs.python.org/3/reference>.
- Weal, M. J., Michaelides, D. T., Page, K., De Roure, D. C., Monger, E. e Gobbi, M. (2012). Semantic Annotation of Ubiquitous Learning Environments, *IEEE Transactions on Learning Technologies* 5(2): 143–156. <http://ieeexplore.ieee.org/document/6104033/>.
- Xiao Hang Wang, Da Qing Zhang, Tao Gu e Hung Keng Pung (2004). Ontology based context modeling and reasoning using OWL, *IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, 2004. Proceedings of the Second*, IEEE, Orlando, FL, USA, pp. 18–22. <http://ieeexplore.ieee.org/document/1276898/>.