

# OntoUaffect: uma ontologia para estados afetivos baseada em contextos no ambiente educacional

*OntoUaffect: an ontology for affective states based on contexts in the educational environment*

*OntoUaffect: una ontología de los estados afectivos a partir de contextos en el entorno educativo*

Sandro Oliveira Dorneles  
Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS)  
ORCID: [0000-0001-7821-2351](https://orcid.org/0000-0001-7821-2351)  
[pfsandro@yahoo.com.br](mailto:pfsandro@yahoo.com.br)

Debora Nice Ferrari Barbosa  
Universidade Feevale  
ORCID: [0000-0001-8107-8675](https://orcid.org/0000-0001-8107-8675)  
[deboranice@feevale.br](mailto:deboranice@feevale.br)

Rosemary Francisco  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)  
ORCID: [0000-0001-6723-9938](https://orcid.org/0000-0001-6723-9938)  
[resemmaryf@unisinos.br](mailto:resemmaryf@unisinos.br)

Jorge L. V. Barbosa  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)  
ORCID: [0000-0002-0358-2056](https://orcid.org/0000-0002-0358-2056)  
[jbarbosa@unisinos.br](mailto:jbarbosa@unisinos.br)

## Resumo

O comportamento humano é impactado por diferentes fenômenos que afetam a percepção e interação. Em cada cultura são usadas diferentes palavras para descrever como alguém se sente. Os fenômenos afetivos podem provocar diferentes reações fisiológicas, cognitivas ou comportamentais podendo afetar ações e reações de uma pessoa. No ambiente educacional os fenômenos afetivos são essenciais na aprendizagem, podendo impactar a motivação e a atenção. Dessa forma, entender as relações do estado afetivo e o contexto educacional pode auxiliar na identificação de fatores que impactam de forma negativa ou positiva o aluno. Este artigo propõe a ontologia OntoUaffect para representar informações de estados afetivos no contexto educacional e pessoal do aluno. A ontologia foi desenvolvida utilizando o software Protégé e a linguagem Python. Para avaliação da ontologia foram utilizados dados coletados com alunos do ensino médio. A partir de consultas SPARQL foi possível obter resultados que respondem as questões propostas de identificação do estado afetivo do aluno em eventos específicos, assim como a relação das variáveis de contexto educacional, demonstrando a contribuição da ontologia proposta.

**Palavras-Chave:** Contextos; Computação afetiva; Estados afetivos; Ontologia.

## Abstract

Human behavior is impacted by different phenomena that affect perception and interaction. In each culture, different words are used to describe how someone feels. Affective phenomena can provoke different physiological, cognitive, or behavioral reactions and can affect a person's actions and reactions. In the educational environment, affective phenomena are essential in learning and can impact motivation and attention. Thus, understanding the relationships of the affective state and the educational context can help in the identification of factors that negatively or positively impact the student. This article proposes the OntoUaffect ontology to represent information from affective states, the educational and personal context of the student. The ontology was developed using the Protégé software and the Python language. To evaluate the ontology, data collected from high school students were used. From SPARQL consultations, it was possible to obtain results that answer the proposed questions of identification of the student's

*affective state in specific events, as well as the relationship of the variables of the educational context, demonstrating the contribution of the proposed ontology.*

**Keywords:** Contexts; Affective computing; Affective states; Ontology.

## Resumen

*El comportamiento humano se ve afectado por diferentes fenómenos que afectan la percepción y la interacción. En cada cultura, se usan diferentes palabras para describir cómo se siente alguien. Los fenómenos afectivos pueden provocar diferentes reacciones fisiológicas, cognitivas o conductuales y pueden afectar las acciones y reacciones de una persona. En el ámbito educativo, los fenómenos afectivos son esenciales en el aprendizaje y pueden impactar en la motivación y la atención. Así, comprender las relaciones entre el estado afectivo y el contexto educativo puede ayudar en la identificación de factores que impactan negativa o positivamente en el estudiante. Este artículo propone la ontología OntoUaffect para representar la información de los estados afectivos, el contexto educativo y personal del estudiante. La ontología se desarrolló utilizando el software Protégé y el lenguaje Python. Para evaluar la ontología, se utilizaron datos recolectados de estudiantes de secundaria. A partir de las consultas SPARQL, fue posible obtener resultados que responden a las preguntas propuestas de identificación del estado afectivo del estudiante en eventos específicos, así como la relación de las variables del contexto educativo, demostrando el aporte de la ontología propuesta.*

**Palabras clave:** Contextos; Computación afectiva; Estados afectivos; Ontología.

## 1 Introdução

As experiências de vida sejam elas positivas ou negativas, são processos adaptativos que nos permitem aprender e interagir de forma social. O comportamento humano pode ser impactado por humor, emoções, necessidades de bem-estar e personalidade. Segundo Abaalkhail et al. (2018), a emoção e o humor são estados afetivos enquanto personalidade, bem-estar e necessidades são variáveis que influenciam esses estados afetivos, sendo partes importantes para compreensão do comportamento e funcionamento humano. Embora expressar e reconhecer estados afetivos e a relação entre o que os influenciam, seja uma característica humana, pesquisas têm avançado de forma significativa na área da computação, com o objetivo de permitir que sistemas computacionais detectem, usem e expressem emoções e outros estados afetivos.

A área da computação que busca interpretar padrões e sinais que possam representar de forma computacional os estados afetivos é chamada de Computação Afetiva. Ela foi proposta originalmente por Picard (1997) como forma de ampliar as possibilidades de interação humano-computador e aprimorar o uso de sistemas de recomendação personalizada e suporte à decisão. Estudos na área da computação afetiva têm abordado o *design* e a descrição de sistemas capazes de coletar, interpretar, processar e simular estados afetivos. A identificação e efeitos dos estados afetivos têm sido alvo de estudos em diferentes cenários, como ambientes inteligentes, recomendação de filmes e músicas, sistemas tutores para ambientes educacionais e recomendação de serviços e saúde (Mejbri et al., 2022, Wang et al., 2022).

No entanto, existem ainda desafios relevantes na construção de sistemas capazes de representar os estados afetivos e interpretar sutilezas e alterações do comportamento humano. Moore (2017) sugere uma reflexão sobre as dificuldades de modelagem e mensuração dos estados afetivos e aponta como um dos caminhos a integração entre a computação afetiva e sistemas sensíveis ao contexto. Nessa perspectiva, define-se “Contexto” como toda informação que possa ser empregada para descrever a situação de uma entidade (Dey, 2001), onde a entidade pode ser uma pessoa, um lugar ou um objeto relevante para a interação entre o usuário e uma aplicação. Moore (2017) justifica ainda, que existe uma relação significativa entre o estado afetivo de um indivíduo e o contexto em que está inserido, onde um pode influenciar o outro. Portanto, essa integração pode aprimorar tanto os sistemas sensíveis ao contexto quanto o reconhecimento afetivo, oferecendo oportunidades em diferentes domínios.

Nesse sentido, o ambiente educacional é impactado pela qualidade das relações interpessoais, da afetividade, do contexto ecológico e da mediação do professor, fatores que interferem na

motivação dos alunos para a aprendizagem (Souza et al., 2020). Dessa forma, analisar estados afetivos dentro de um ambiente educacional pode fornecer percepções sobre a relação dos estados afetivos e suas causas. Essa análise permite, ainda, ampliar os estudos sobre a relação entre os estados afetivos e as respectivas situações em que ocorrem, identificando assim, elementos do contexto educacional que afetam individualmente ou coletivamente o processo de aprendizagem.

Logo, há a necessidade de representar o ambiente educacional e suas relações afetivas em contextos reais. O uso de ontologias é uma solução possível para representar conceitos e relacionamentos de entidades envolvidas. A ontologia consiste em uma descrição formal de conceitos de um determinado domínio, juntamente com os relacionamentos e limitações que podem existir entre eles, tendo como objetivo uma visão abstrata e simplificada (Stancin et al., 2020), podendo representar uma área de conhecimento de um domínio de aplicação e seus relacionamentos, por meio de uma linguagem com sintaxe e semântica claramente definidas.

Assim, este trabalho apresenta uma proposta de ontologia, denominada OntoUaffect, para representar um sistema de reconhecimento de estados afetivos sensível ao contexto, voltado à educação. Esta proposta, considera o histórico de informações relacionadas ao perfil do aluno, aos estados afetivos e situações do contexto educacional. Essa abordagem, permite uma análise mais abrangente e sensível aos estados afetivos que influenciam os processos de aprendizagem. A ontologia foi implementada em linguagem de programação *Python* e no *software Protégé*, sendo avaliada em um cenário real com alunos de uma escola de ensino médio. A relevância deste trabalho está na possibilidade de sistemas utilizarem uma ontologia para classificação de estados afetivos considerando o contexto em ambientes educacionais, podendo fazer uso de históricos de contexto para classificação e predição de estados afetivos de alunos e grupos.

A seção 2 apresenta os trabalhos relacionados e principais contribuições da ontologia. A seção 3 aborda a modelagem e a implementação da OntoUaffect. A seção 4 mostra a avaliação e os resultados obtidos. Por fim, a seção 5 apresenta as conclusões deste trabalho.

## 2 Fundamentação teórica e trabalhos relacionados

Esta seção apresenta os principais fundamentos utilizados neste estudo. Estados e modelos afetivos são apresentados na seção 2.1. A seção 2.2 aborda sensibilidade ao contexto e históricos de contextos. A seção 2.3 revisa trabalhos relacionados aos estados afetivos e ao contexto destacando suas características e diferenças em relação à proposta apresentada.

### 2.1 Estados Afetivos

Fenômenos afetivos decorrem da exposição de uma pessoa a partir de um estímulo interno ou externo tendo como resultado alterações físicas e fisiológicas, impactando de forma relevante a tomada de decisão de uma pessoa, de forma consciente ou inconscientemente. Scherer (2005) propõe o uso e a delimitação de características de estados afetivos considerando intensidade, duração, foco do evento, avaliação, impacto de comportamento, sincronização e rapidez de mudança.

Os estados afetivos considerados por Scherer (2000) são:

- Emoção, relativamente breve, respostas sincronizadas por todos ou a maioria dos subsistemas do organismo para avaliação de um evento externo ou interno de grande significado tais como a raiva, tristeza, alegria, medo, vergonha entre outros;
- Humor, estado de afeto difuso, mudança de sentimento subjetivo, baixa intensidade, mas longa duração, muitas vezes sem causa aparente como por exemplo estar alegre, irritável, apático ou deprimido;

- Postura interpessoal, postura afetiva assumida em relação a outra pessoa em uma interação específica, ilustra relações como estar distante, frio, caloroso, solitário ou desdenhoso;
- Atitudes, relativamente duradouras, crenças afetivas representadas por preferências e predisposição em relação a objetos ou pessoas tais como gostar, amar, odiar, valorizar e desejar;
- Personalidade, disposições e tendências de comportamento emocionalmente carregadas e estáveis, típicas de uma pessoa, tais como nervoso, ansioso, imprudente, amoroso, hostil e invejoso entre outros.

Segundo Landowska (2018), existem diferentes modelos e abordagens que são usados para definir e classificar as emoções e outros estados afetivos. As três principais abordagens utilizadas, de acordo com a autora, são: discretas, dimensional e componencial.

Os modelos discretos consideram a existência de várias emoções básicas que podem ser reconhecidas de forma universal. Ekman (1992) considera as emoções como discretas e mensuráveis com características únicas, sendo que todos reconhecem e expressam da mesma forma independente de questões culturais, resumindo-as a seis emoções básicas como felicidade, raiva, tristeza, medo, surpresa e nojo.

Os modelos dimensionais representam um estado emocional como um ponto em um espaço multidimensional. O modelo circunflexo de afeto, um dos modelos dimensionais mais populares, foi proposto por Russell (1980). Nesse modelo, qualquer emoção pode ser representada como um ponto em um espaço de duas dimensões contínuas de valência e excitação. A dimensão de valência (prazer) diferencia emoções positivas de emoções negativas, enquanto a dimensão de excitação (ativação) permite uma diferenciação entre estados emocionais ativos e passivos.

A teoria componencial busca entender as relações entre os estados afetivos e as situações que as envolvem. Scherer (2005) entende que as emoções devem ser avaliadas a partir de mudanças e relações entre quatro componentes, avaliações cognitivas, reações fisiológicas, expressão motora e tendências comportamentais. A base do modelo componencial é a avaliação humana em relação a eventos que antecedem emoções. Kolakowska (2015) destaca a importância de uma abordagem baseada nos eventos que precedem o estado afetivo. Esses eventos e componentes relacionados a eles, oferecem uma maneira mais abrangente de entender e avaliar aspectos afetivos. O modelo OCC proposto por Ortony, Clore e Collins (Ortony et al., 1990) é uma das propostas mais utilizadas nessa abordagem cognitivista.

Buscando aperfeiçoar modelos computacionais nessa área, estudos têm explorado informações de contexto para auxiliar no reconhecimento afetivo (Álvarez et al., 2020; Li e Sano, 2020; Wang Yan et al., 2022; Sarmiento-Calisaya et al., 2022; Chen et al., 2023).

## 2.2 Sensibilidade ao contexto e histórico de contextos

Sistemas sensíveis ao contexto devem ser capazes de reagir às mudanças no ambiente do usuário, levando em conta localização, pessoas e dispositivos próximos ao usuário (Sezer et al., 2017). Além disso, esses sistemas devem ter a capacidade de obter informações, processá-las e utilizá-las para aprimorar e personalizar recursos e serviços, facilitando a interação do usuário e do sistema (Barbosa e Barbosa, 2019).

Dey (2001) propõe quatro dimensões de contexto: identidade, localização, atividade e tempo. A identidade, refere-se às informações únicas de cada entidade. Localização trata da posição atual da entidade diante de uma situação. A atividade está relacionada com características que envolvem ações da entidade. O tempo, por fim, indica o momento em que uma atividade ocorre ou algum dado contextual é coletado.

A partir da coleta de dados sensíveis ao contexto, sugere-se que as arquiteturas para esses sistemas utilizem não apenas contextos atuais, ou seja, o tempo presente, mas que armazenem

contextos para uso futuro (Rosa et al., 2015) gerando assim, históricos de contextos que podem ser usados para obter informações adicionais (Dupont et al., 2020).

O uso de históricos de contextos tem favorecido principalmente os sistemas voltados para predição de contexto, onde os dados armazenados no histórico podem ser usados para inferir contextos futuros ou melhorar decisões em relação ao contexto atual. Trabalhos em áreas como saúde (Aranda et al., 2021, Rentz et al., 2023), agricultura (Martini et al., 2021), gerenciamento de projetos (Filippetto et al., 2021, Rodrigues et al., 2022) entre outras, têm utilizado históricos de contextos para fornecer serviços inteligentes e adaptativos aos usuários e ambientes.

### 2.3 Trabalhos relacionados

A intersecção entre comportamento humano, estados afetivos e contextos tem sido um campo de crescente interesse na pesquisa acadêmica e tecnológica. À medida que a compreensão das emoções humanas se torna mais sofisticada, a necessidade de representações formais que capturem essa complexidade se torna evidente. Nesse sentido, as ontologias surgem como possibilidades importantes para modelar e representar as complexas interações entre esses elementos. Ontologias oferecem uma estrutura semântica que facilita a organização e a interpretação de informações, permitindo uma análise mais significativa das relações entre estados afetivos e variáveis contextuais.

Nesse sentido, diferentes ontologias têm sido propostas para representar e modelar as interações complexas entre comportamento humano, estados afetivos e contextos. O trabalho de Benta et al. (2007) apresenta uma ontologia para representar as relações entre estados afetivos e elementos sensíveis ao contexto. A ontologia busca mapear diferentes espaços afetivos e a relação entre os estados afetivos e elementos do contexto, como localização, tempo, pessoa e atividade. A avaliação da ontologia ocorreu a partir de um cenário que considera o comportamento de um guia de museu consciente do contexto, permitindo que ele reaja de forma mais intuitiva, levando em consideração os estados afetivos do usuário.

Zhang et al. (2013) propõem o BIO\_EMOTION um modelo de contexto baseado em uma ontologia para reconhecimento de emoções usando um eletroencefalograma (EEG). A ontologia fornece base para a modelagem de contextos do usuário, incluindo perfil, dados de EEG e situações do ambiente. A validação da proposta foi realizada a partir de uma base de dados de sinais fisiológicos tendo como contexto a localização e a pessoa, utilizando um modelo dimensional para classificação dos estados afetivos.

A ontologia EmotionsOnto (Gil et al., 2015) baseia-se em um modelo genérico para descrever emoções e seus sistemas de detecção e expressão, levando em consideração elementos contextuais e multimodais para coleta de sinais afetivos. A ontologia foi validada a partir de dados de senso comum sobre emoção a partir de auto relato de usuários. Emonto (Graterol, 2021) é uma ontologia criada para robôs sociais para representar emoções humanas em museus a partir de textos ou falas convertidas para texto. A principal contribuição desta ontologia é a possibilidade de considerar objetos e eventos relacionados à emoção.

Cconto (El Bolock et al., 2021) é uma ontologia que tem como base a tríade caráter, comportamento e situação (*Character, Behavior e Situation* - CBS). A ontologia modela o caráter humano e sua interação com comportamento e situação, com o objetivo de fornecer bases para análise de interação entre os três. A Ontologia foi construída para uso nas áreas da computação e psicologia, sua validação foi realizada por meio da avaliação de padrões do sono e alimentação saudável durante a pandemia do Coronavírus (Covid 19).

As ontologias apresentadas oferecem diferentes abordagens para entender os estados afetivos em relação ao contexto. A análise delas contribui para o desenvolvimento de novas ontologias em diferentes áreas, considerando tanto os aspectos afetivos, quanto o contexto na análise e

classificação de estados afetivos. Os estudos foram analisados tendo como base os seguintes critérios:

- Coleta de estados afetivos: verifica se há coleta de dados afetivos e que tipo de dados foram utilizados na avaliação para identificar o estado afetivo;
- Elementos contextuais: considera quais tipos de informações contextuais são utilizados pela ontologia;
- Inferências: analisa se o estudo descreve alguma inferência a partir ontologia;
- Contexto educacional: identifica se o estudo considera informações relacionadas ao contexto educacional;
- Perfil: verifica se o estudo relaciona informações sobre o perfil do aluno;
- Histórico de contextos: analisa se os estudos armazenam e utilizam informações de estados afetivos e contexto para uso posterior na melhoria da ontologia.

A Tabela 1 apresenta a comparação entre os estudos. A análise dos critérios, permite identificar os aspectos que não foram abordados em relação à ontologia proposta.

Tabela 1: Critérios e comparação de trabalhos relacionados.

Referências	Benta et al., 2017	Zhang et al., 2013	Gil et al., 2015	Graterol, 2021	El bolock et al., 2021	OntoUaffect
Critérios						
<b>Coleta de estados afetivos</b>	Não informado	Sinais fisiológicos	Autorelato, Sinais fisiológicos	Texto	Não informado	Autorrelato, sinais fisiológicos
<b>Elementos contextuais</b>	Localização, tempo, identidade, atividades	Localização, atividades, identidade	Atividades, identidade	Atividades, identidade	Atividades, identidade	Localização, tempo, identidade, atividades
<b>Inferências</b>	Não informada	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
<b>Contexto Educacional</b>	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
<b>Perfil</b>	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim
<b>Histórico de contextos</b>	Não	Não	Não	Não	Não	Sim

A ontologia OntoUaffect proposta neste estudo diferencia-se principalmente pela capacidade de integrar e relacionar informações do contexto educacional, do perfil do aluno e de diferentes sinais de reconhecimento afetivo. Essas informações podem ser usadas para compor históricos de contextos, possibilitando assim, a classificação e predição de estados afetivos e permitindo ainda, a análise do impacto de diferentes variáveis do contexto educacional no estado afetivo de alunos em ambientes educacionais.

### 3 Modelagem e Implementação

A ontologia proposta neste trabalho é baseada na metodologia de Noy e McGuinness (2001), que apresenta um processo de sete passos para construção de ontologias, sendo eles: 1. Determinar o domínio e o escopo da ontologia; 2. Considerar o reuso; 3. Enumerar termos importantes; 4. Definir classes; 5. Definir propriedades; 6. Definir restrições das propriedades; 7. Criar instâncias. Durante o processo de modelagem foram consultados especialistas da área da psicologia e pedagogia, além da experiência dos autores deste trabalho na área da educação para definir os principais conceitos e relacionamentos da ontologia.

### 3.1 Determinar o Domínio e o Escopo da Ontologia

Nesse estudo, espera-se que o domínio de conhecimento do modelo suporte a classificação de estados afetivos, tendo como escopo a representação do contexto educacional, afetivo e perfil de alunos envolvidos no reconhecimento desses estados em ambientes de ensino aprendizagem. Neste trabalho, considera-se contexto educacional informações como recursos pedagógicos, estratégias de ensino, disciplinas, espaços de aprendizagem e interações entre outros, que estão diretamente relacionadas às situações do ambiente educacional e que podem impactar na aprendizagem dos alunos.

A ontologia é utilizada para representar as informações do contexto educacional, pessoal e afetivo e suas relações. No modelo proposto ela fornece informações de variáveis envolvidas no contexto educacional, afetivo e perfil do aluno. Dessa forma, a partir da ontologia, pretende-se responder às seguintes questões:

- Qual o estado afetivo do aluno no contexto educacional?
- Quais variáveis do contexto educacional foram utilizadas?
- Quais comportamentos afetivos e parâmetros foram utilizados para o reconhecimento afetivo?

### 3.2 Ontologias Bases

A OntoUaffect considera como base para essa proposta, estudos envolvendo ontologias que buscam a representação de estados afetivos (Benta et al., 2007; Zhang et al., 2013; Gil et al., 2015), contexto e perfil (Rezende et al., 2015; Gu et al. 2020).

Benta et al. (2007) mapeiam a relação entre estados afetivos e elementos de contexto. A ontologia apresenta como classe principal *ContextEntity* com subclasses representando atividades, localização, tempo, grupo de pessoas e estado afetivo. Zhang et al. (2013) apresenta o BIO\_EMOTION uma ontologia para representar emoções, perfil do usuário e situações de contexto. O trabalho tem como classes principais *Emotion*, *User* e *Situation*. Gil et al. (2015) propõem na ontologia a classe *Situation* que representa situações e entidades que fazem parte da captura da emoção como eventos, sensores e sensações.

Rezende et al. (2015) apresentam uma ontologia de contexto e perfil do aluno em ambientes *e-learning*, detalhando informações do perfil do aluno e suas relações com o contexto de aprendizagem, tendo como classes principais, *Learner\_Personal\_Information*, *Interest*, *Social Realitions* e *Preferences*. Na representação de Gu et al. (2020) os conceitos utilizados consideram a classe principal *ContextEntity*, relacionada a subclasses localização, pessoa e atividades.

### 3.3 Termos Importantes

Os termos da ontologia foram identificados a partir de pesquisas relacionadas ao reconhecimento de estados afetivos, contextos e ambientes de aprendizagem. Um mapa conceitual foi criado (Figura 1) para auxiliar na representação e relações entre os conceitos envolvidos no domínio. Dentre os principais termos destacam-se:

- Contexto: composto por identidade, eventos, localização, espaço temporal, recursos e estados afetivos;
- Histórico de contextos: constituído por um conjunto de contextos armazenados;
- Pessoa: são entidades como aluno e professor no contexto, podendo gerar eventos e interagir em situações de aprendizagem contendo informações do contexto identidade;

- Perfil: composto de dados demográficos, informações acadêmicas, estilo de aprendizagem, interesses entre outros;
- Evento: são causados por situações e geram estados afetivos, são passíveis de avaliação afetiva e estão situados em um espaço temporal com início e fim;
- Localização; identificam a localização de uma entidade podendo ser *indoor* e/ou *outdoor*, como instituições de ensino e ambientes de aprendizagem como laboratório, salas de aula, biblioteca e ginásio;
- Situação de aprendizagem; envolvem recursos pedagógicos, metodologias, estratégias, interações e pessoas;
- Recursos; podem auxiliar no reconhecimento do estado afetivo obtendo e utilizando dados como auto-relato, imagens, texto, voz, sinais fisiológicos entre outros;
- Modelo; estados afetivos podem ser categorizados em modelo dimensional, categórico ou componencial, podendo afetar ou serem afetados por eventos.

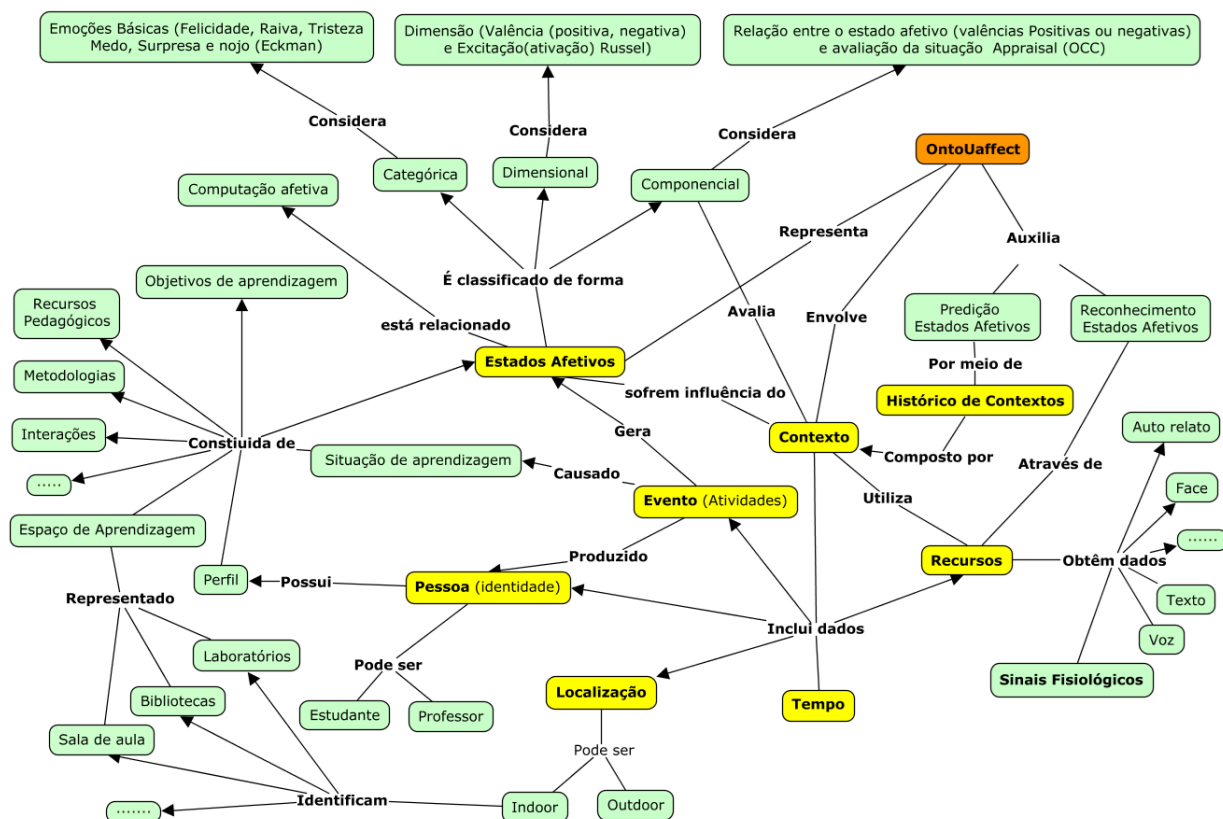


Figura 1: Mapa de termos.

### 3.4 Classes

A ontologia foi desenvolvida na linguagem *OWL* utilizando a biblioteca *owlready2* na linguagem *Python* e *Protégé 5.5*. As definições dos conceitos são apresentadas no idioma inglês para proporcionar reuso e extensão da ontologia. A Figura 2 mostra as classes principais: *Histories*, *Context*, *Time*, *Events*, *LearningSituation*, *Localization*, *Person*, *Profile*, *Resource* e *AffectiveState*.



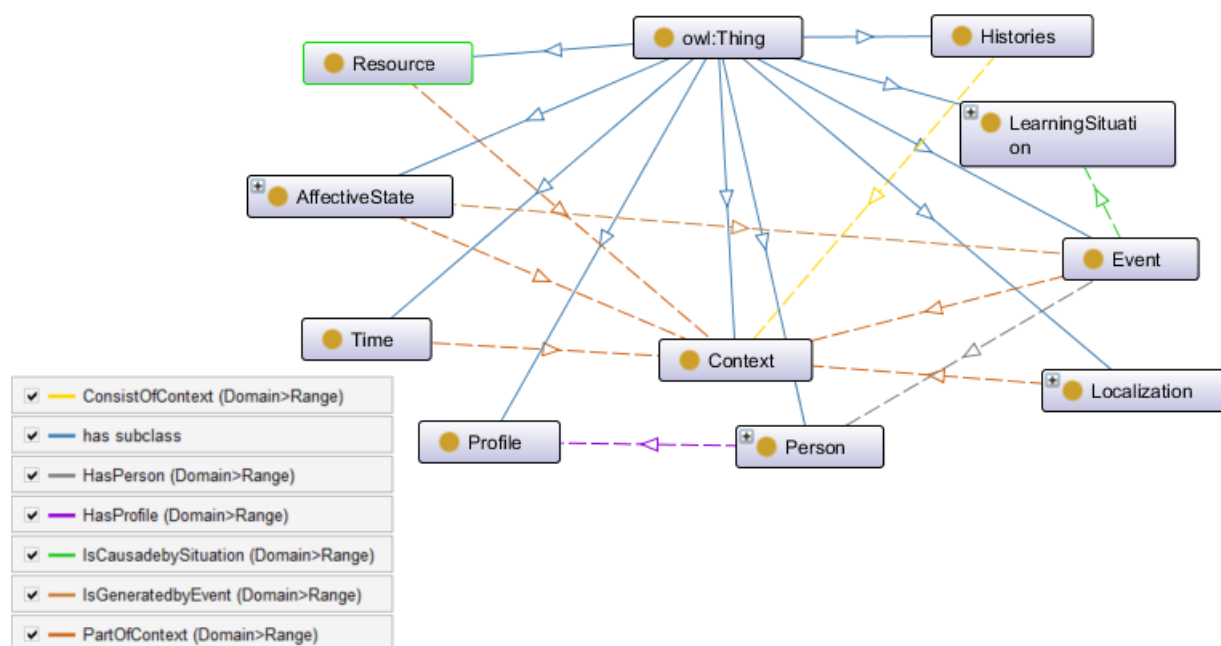


Figura 2: Representação das classes principais da OntoUaffect.

A Tabela 2 apresenta uma descrição geral das classes principais. Cada classe pode representar uma ou mais instâncias.

Tabela 2: Descrição das principais classes OntoUaffect.

Classe	Descrição
<i>Histories</i>	Representa um conjunto de contextos registrados ao longo do tempo.
<i>Context</i>	Representa o contexto de uma entidade pessoa, incluindo informações de estados afetivos, pessoais e educacionais.
<i>Time</i>	Está relacionado ao início e término de um evento.
<i>Events</i>	Representa situações e interações entre pessoas.
<i>LearningSituation</i>	Representa as relações educacionais de uma pessoa incluindo informações de ambientes, pessoas, estratégias e recursos de aprendizagem.
<i>Localization</i>	Corresponde a localização de uma pessoa.
<i>Person</i>	Representa uma entidade pessoa envolvida no contexto.
<i>Profile</i>	Inclui informações acadêmicas, sociodemográficas e estilo de aprendizagem de uma pessoa.
<i>Resource</i>	Representa os recursos utilizados para coleta de dados de um contexto.
<i>AffectiveState</i>	Representa o estado afetivo da pessoa.
<i>AvaliationLevel</i>	Está relacionado à avaliação do nível de impacto que a situação de aprendizagem causa no estado afetivo da pessoa.
<i>IntensityLevel</i>	Representa a avaliação da intensidade do estado afetivo percebido pelo aluno.

A Figura 3 mostra a relação das classes *Context*, *Person*, *AffectiveState*, *Event* e subclasses. As classes *Event*, *Time* e *Localization* estão associadas a classe *Context*. A classe *Event* está relacionada a classe *Person* e *LearningSituation*. A classe *LearningSituation* possui as subclasses: *LearningGoal* que representa os objetivos de aprendizagem definidos para situação de aprendizagem; *LearningSpace*, registra a localização interna da pessoa aluno em situação de aprendizagem; *TeachingStrategie*, representa a estratégia de ensino utilizada na situação de aprendizagem; *LearningResource*, registra os recursos pedagógicos utilizados. A classe *Profile* está associada à classe *Person* e contém informações acadêmicas, sociodemográficas e estilo de aprendizagem de uma pessoa.

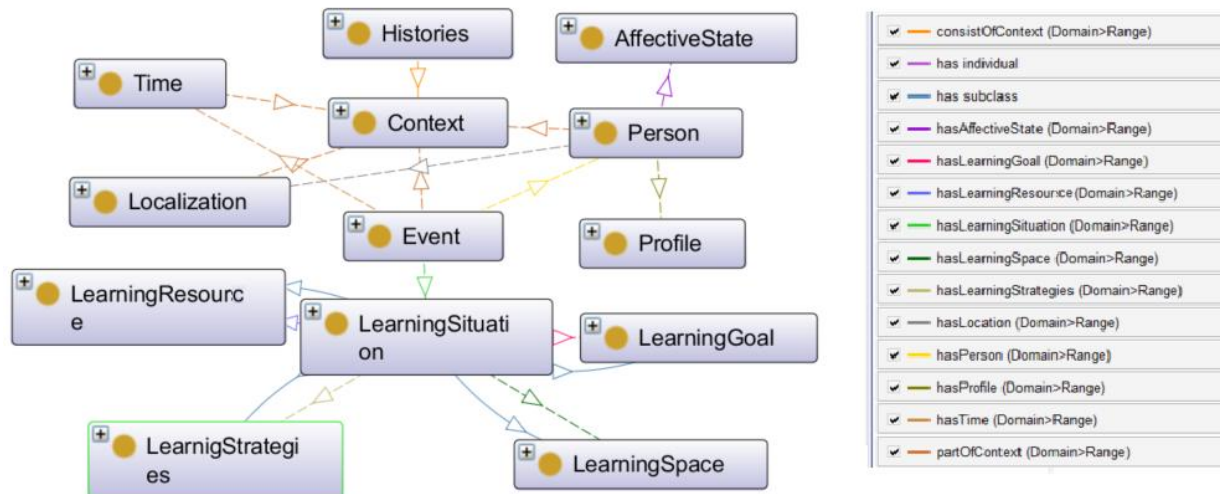


Figura 3: Relação das classes *Context*, *Person*, *AffectiveState*, *Event* e subclasses.

Cada contexto está associado a um evento, cada evento é identificado e contém registros de tempo, localização, pessoa envolvida e situação de aprendizagem. Durante o evento é registrado o estado afetivo da pessoa e informações relacionadas a situação de aprendizagem como objetivos, espaço de aprendizagem, estratégias de ensino e recursos utilizados. A classe *Histories* é formada de registros históricos de todas as ocorrências de eventos do contexto.

### 3.5 Definir Relacionamentos e Propriedades

Nesta etapa foram definidas as propriedades e relacionamentos das classes usando o *Protégé 5.5*. A Figura 4 apresenta uma visão hierárquica das classes, subclasses (*class hierarchy*), relacionamentos, propriedades (*object property*) e atributos das classes (*data propertie*).

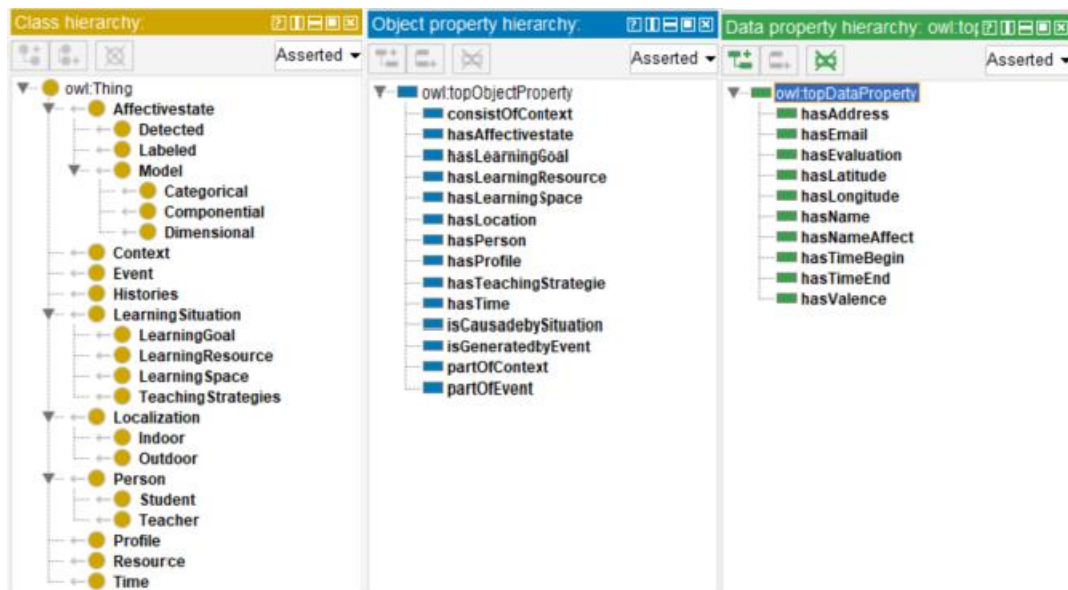


Figura 4: Hierarquia de classes, relacionamentos e propriedades.

As classes e subclasses são apresentadas à esquerda da Figura 4 e o detalhamento das classes e subclasses é apresentado na seção 3.4. Os relacionamentos são descritos na Tabela 3 incluindo *Properties*, *Domain* e *Range*.

Tabela 3: Propriedades e relacionamentos OntoUaffect.

<i>Properties</i>	<i>Domain</i>	<i>Range</i>
<i>consistOfContext</i>	<i>Histories</i>	<i>Context</i>
<i>hasAffectiveState</i>	<i>Person</i>	<i>AffectiveState</i>
<i>isLearningSituation</i>	<i>Event</i>	<i>LearningSituation</i>
<i>hasLearningGoal</i>	<i>LearningSituation</i>	<i>LearningGoal</i>
<i>hasLearningResource</i>	<i>LearningSituation</i>	<i>LearningResource</i>
<i>hasLearningSpace</i>	<i>LearningSituation</i>	<i>LearningSpace</i>
<i>hasTeachingStrategies</i>	<i>LearningSituation</i>	<i>TeachingStrategies</i>
<i>hasLocation</i>	<i>Person</i>	<i>Localization</i>
<i>hasPerson</i>	<i>Event</i>	<i>Person</i>
<i>hasProfile</i>	<i>Person</i>	<i>Profile</i>
<i>hasTime</i>	<i>Event</i>	<i>Time</i>
<i>partOfContext</i>	<i>Time, Resource, Event, AffectiveState</i>	<i>Context</i>
<i>partOfEvent</i>	<i>Person, Time, LearningSituation, Localization</i>	<i>Event</i>
<i>hasAvaliation</i>	<i>LearningSituation</i>	<i>AvaliationLevel</i>
<i>hasIntensity</i>	<i>AffectiveState</i>	<i>IntensityLevel</i>

### 3.6 Definir Regras

Nesta etapa foram definidas regras para as classes *AvaliationLevel* e *IntensityLevel*. As regras foram criadas utilizando a biblioteca *owlready2* em linguagem *Python*. A classe *AvaliationLevel* representa a avaliação de impacto da situação de aprendizagem no estado afetivo da pessoa. A escala de avaliação abrange números de 1 a 5. A Figura 5 mostra a regra representada por uma expressão lógica que define como impacto *Negative*, se a propriedade “*hasAvaliationLevel*  $\geq 1$  e  $< 3$ ”, *Positive* se “*hasAvaliationLevel*  $\geq 4$  e  $\leq 5$ ” e *Neutral*, se “*hasAvaliationLevel*  $\geq 3$  e  $< 4$ ”.

```

from owlready2 import *

onto = get_ontology( "http://Uaffect.owl" )

with onto :
    class AvaliationLevel (Thing):
        pass
    class Negative(AvaliationLevel):
        equivalent_to = [
            AvaliationLevel & (hasAvaliationLevel.some(int[>=1, <3]))
        ]
    class Positive(AvaliationLevel):
        equivalent_to = [
            AvaliationLevel & (hasAvaliationLevel.some(int[>=4, <=5]))
        ]
    class Neutral(AvaliationLevel):
        equivalent_to = [
            AvaliationLevel & (hasAvaliationLevel.some(int[>=3, <4]))
        ]
onto.save()

```

Figura 5: Regras da classe *AvaliationLevel*.

A classe *IntensityLevel* representa a intensidade do estado afetivo de uma pessoa em determinado evento. A Figura 6 apresenta o código das expressões lógicas criadas para representar a intensidade como *High*, se a propriedade “*hasintensityLevel*  $\geq 4$  e  $\leq 5$ ”, *Low* se “*hasintensityLevel*  $\geq 1$  e  $< 3$ ” e *Moderade*, se “*hasintensityLevel*  $\geq 3$  e  $< 4$ ”.

```

from owlready2 import *

onto = get_ontology( "http://Uaffect.owl" )

with onto :
    class IntensityLevel (Thing):
        pass
    class Low(IntensityLevel):
        equivalent_to = [
            IntensityLevel & (hasAvaliationLevel.some(int[>=1, <3]))
        ]
    class High(IntensityLevel):
        equivalent_to = [
            IntensityLevel & (hasAvaliationLevel.some(int[>=4, <=5]))
        ]
    class Moderade(IntensityLevel):
        equivalent_to = [
            IntensityLevel & (hasAvaliationLevel.some(int[>=3, <4]))
        ]
onto.save()

```

Figura 6: Regras da classe *IntensityLevel*.

### 3.7 Criar as Instâncias

Nesta etapa, foram criadas instâncias com o objetivo de testar a capacidade de inferência e consultas da OntoUaffect. Os dados utilizados foram coletados a partir de uma aplicação *mobile* usando o método *Experience Sampling Method* (ESM). Este método (Francisco et al., 2020) possibilita aprender sobre o comportamento e as experiências de um indivíduo em um contexto natural. As informações foram obtidas a partir de um estudo envolvendo 5 alunos do 2º ano do ensino médio de uma escola Pública Federal. O estudo investigou quais variáveis do contexto educacional impactam o estado afetivo do aluno e o potencial de uso dessas informações no reconhecimento desses estados. O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Durante o experimento, os estudantes tiveram acesso a uma aplicação *mobile*, disponível nas lojas Apple Store e Play Store, na qual inicialmente realizaram o cadastro com informações sociodemográficas para construção do perfil do indivíduo. O período de coleta de dados utilizado para essa avaliação foi de um dia, sendo até cinco sessões diárias realizadas no ambiente natural das aulas. As sessões podiam ocorrer em diferentes espaços, como laboratórios, salas de aula, entre outros. Os alunos recebiam uma notificação no aplicativo a cada período de aula.

A cada notificação, os alunos respondiam a um questionário onde foram coletados dados da percepção do aluno relacionados a seu estado afetivo (concentração, engajamento, prazer, confusão, frustração, tédio) e ao contexto educacional em que estavam inseridos (espaço de aprendizagem, recursos utilizados, disciplinas, estratégias).

Para instanciar e testar a ontologia foi utilizada uma amostra de dados coletadas de 5 alunos durante um dia, onde cada período de aula corresponde a um novo evento. A Figura 7 apresenta exemplo de parte do código em Python utilizado. Foram criadas instâncias para as classes *Person*, *LearningSpace*, *Event*, *AffectiveState*, *Time*, *LearningSituation* e subclasses, assim como atributos identificadores das classes. Na coleta foram considerados três estados afetivos com polaridade positiva (engajamento, prazer e concentração) e três com polaridade negativa (tédio, frustração e confusão). A utilização desses estados afetivos baseou-se na pesquisa de D'Mello e Calvo (2013), pois, segundo os autores, eles são evidenciados com mais frequência em ambientes de aprendizagem.

```
##      Instâncias      ##

aluno_1 = Student ("User156")

laboratorio_1 = LearningSpace( "Lab D6")
laboratorio_2 = LearningSpace( "Sala B1")

evento_1 = Event( "Evento1")
evento_2 = Event( "Evento2")

Afeto_Aluno1_evento1 = Labeled("Concentração")
Afeto_Aluno1_evento2 = Labeled("Tédio")

objetivo_1 = LearningGoal ("Sociologia")
objetivo_2 = LearningGoal ("Biologia")

estrategia_1 = TeachingStrategies("práticas")
estrategia_2 = TeachingStrategies("Exercícios")

recurso_1 = LearningResource( "Quadro")
recurso_2 = LearningResource( "Projektor")

tempo_1 = Time ("20230314_0750")
tempo_2 = Time ("20230314_0840")

aula_1 = LearningSituation( "Aula1" )
aula_2 = LearningSituation( "Aula2" )
```

Figura 7: Exemplos de instâncias criadas no Python.

As instâncias geradas representam eventos no contexto, onde cada indivíduo participa de um único evento em um momento específico. No entanto, é possível que o mesmo evento inclua a participação de mais de uma pessoa. Cada evento é composto por situações de aprendizagem que ocorrem em ambientes educacionais. Essas situações envolvem diferentes variáveis do contexto educacional em que o aluno está inserido em um determinado instante (tempo), local (espaço), recursos e estratégias de aprendizagem utilizadas pelo professor e objetivos da aula.

## 4 Avaliação e Resultados

Um ambiente educacional constitui-se de todos os elementos que envolvem o educando e estão relacionados aos seus processos de aprendizagem. Isso inclui tanto os aspectos de interação virtuais quanto físicos, envolvendo recursos e pessoas que participam do processo. Esse ambiente é um espaço que estimula relações sociais, as quais, sejam elas positivas ou negativas, podem ter um impacto significativo nos processos de aprendizagem.

A OntoUaffect é composta por 201 axiomas, 26 classes, 14 subclasses, 15 propriedades de objetos e 11 propriedades de dados. Para avaliação da ontologia proposta, foram criadas instâncias das principais classes da OntoUaffect (*Person*, *AffectiveState*, *Event*, *LearningSpace*, *Time*, *LearningResource*, *TeachingEstrategies*, *LearningGoal*) com o objetivo de responder às questões propostas na seção 3.1. Para a análise preliminar da ontologia, foi utilizada uma amostra de dados coletados ao longo de um único dia com a participação de 5 alunos selecionados aleatoriamente conforme descrito na seção 3.7.

Uma consulta SPARQL foi gerada em linguagem *Python*. Os resultados apresentados na Figura 8 mostram a relação das informações de contexto do estudante, a partir das classes *Event*, *Person* e *AffectiveState* instanciadas na seção anterior.

```

sparql = """
prefix : <http://Uaffect.owl#>
select ?person ?person_class ?affect ?event ?lspace ?time ?resources ?estrat ?goal
where {
    ?person rdf:type ?person_class .
    ?person_class rdf:type owl:Class .
    ?person :hasAffectiveState ?affect .
    ?person :partOfEvent ?event .
    ?affect :isGeneratedByEvent ?event .
    ?event :hasLearningSpace ?lspace .
    ?event :hasLearningResource ?resources .
    ?event :hasTeachingStrategies ?estrat .
    ?event :hasLearningGoal ?goal .
    ?event :hasTime ?time .

    filter (?person_class = :Student) .
}

order by str(?event) str( ?person )
"""

print( """ Context informations of persons affective state """ )
query( sparql, ["Person", "Type", "Affect", "Event", "Space", "Time", "Resource", "Estrat.", "Goal"] )

```

Person	Type	Affect	Event	Space	Time	Resource	Estrat.	Goal
User156	Student	Concentração	Evento1	Sala B1	20230314_0750	Projektor	Apresentação	Sociologia
User166	Student	Concentração	Evento1	Sala B1	20230314_0750	Projektor	Apresentação	Sociologia
User203	Student	Tédio	Evento1	Sala B1	20230314_0750	Projektor	Apresentação	Sociologia
User215	Student	Tédio	Evento1	Sala B1	20230314_0750	Projektor	Apresentação	Sociologia
User235	Student	Concentração	Evento1	Sala B1	20230314_0750	Projektor	Apresentação	Sociologia
User156	Student	Tédio	Evento2	Sala B1	20230314_0840	Quadro	Expositiva	Biologia
User166	Student	Frustração	Evento2	Sala B1	20230314_0840	Quadro	Expositiva	Biologia
User203	Student	Tédio	Evento2	Sala B1	20230314_0840	Quadro	Expositiva	Biologia
User215	Student	Engajamento	Evento2	Sala B1	20230314_0840	Quadro	Expositiva	Biologia
User235	Student	Tédio	Evento2	Sala B1	20230314_0840	Quadro	Expositiva	Biologia
User156	Student	Confusão	Evento3	Sala B1	20230314_0930	Material impresso	Exercícios	Biologia
User166	Student	Tédio	Evento3	Sala B1	20230314_0930	Material impresso	Exercícios	Biologia
User203	Student	Tédio	Evento3	Sala B1	20230314_0930	Material impresso	Exercícios	Biologia
User215	Student	Confusão	Evento3	Sala B1	20230314_0930	Material impresso	Exercícios	Biologia
User235	Student	Confusão	Evento3	Sala B1	20230314_0930	Material impresso	Exercícios	Biologia
User156	Student	Concentração	Evento4	Sala B1	20230314_1040	Quadro	Exercícios	Matemática
User166	Student	Concentração	Evento4	Sala B1	20230314_1040	Quadro	Exercícios	Matemática
User203	Student	Confusão	Evento4	Sala B1	20230314_1040	Quadro	Exercícios	Matemática
User215	Student	Frustração	Evento4	Sala B1	20230314_1040	Quadro	Exercícios	Matemática
User235	Student	Concentração	Evento4	Sala B1	20230314_1040	Quadro	Exercícios	Matemática
User156	Student	Confusão	Evento5	Sala B1	20230314_1130	Quadro	práticas	Matemática
User166	Student	Frustração	Evento5	Sala B1	20230314_1130	Quadro	práticas	Matemática
User203	Student	Concentração	Evento5	Sala B1	20230314_1130	Quadro	práticas	Matemática
User215	Student	Frustração	Evento5	Sala B1	20230314_1130	Quadro	práticas	Matemática
User235	Student	Concentração	Evento5	Sala B1	20230314_1130	Quadro	práticas	Matemática

Figura 8: Consulta *sparql* e a relação das classes *Event*, *Person* e *AffectiveState*.

Cada uma das linhas apresentada na Figura 8 corresponde a um evento de uma pessoa. As informações e relações do evento representam um registro, utilizado para compor o histórico de contextos do aluno. A coluna *Person* identifica o usuário e pode ser usada posteriormente para associar o perfil da pessoa. A coluna *Type* indica o tipo de pessoa. A coluna *Affect* mostra o estado



afetivo rotulado pelo estudante em um evento específico no contexto educacional. A coluna *Event* identifica o evento, e a coluna *Time* indica o início do evento. As colunas *Space*, *Resource*, *Estrat* e *Goal* representam as variáveis do contexto educacional que compõem o evento. Cada evento pode ser usado para responder as questões propostas na construção da ontologia.

Em relação a primeira questão proposta, “qual o estado afetivo do aluno no contexto educacional”? É possível perceber a identificação dos alunos pela coluna *Person*, e o estado afetivo relacionado ao aluno na coluna *Affect* nos eventos representados pela coluna *Event*. Dessa forma, é possível analisar nas linhas de 1 a 5 da Figura 8 que no *Evento1*, os estudantes apresentaram estados afetivos de concentração (*User156*, *User166* e *User235*) e tédio (*User203*, *User215*). Logo, a ontologia permite a identificação do estado afetivo de um aluno ou grupo de alunos em eventos ocorridos no contexto educacional. Tais informações podem, ao longo do tempo, indicar padrões que auxiliem na identificação de aspectos do contexto educacional que têm impacto positivo ou negativo no estado afetivo dos alunos, podendo assim ser utilizadas na adaptação e melhorias nos processos de aprendizagem.

A segunda questão refere-se a “quais variáveis do contexto educacional foram utilizadas?”. As colunas *Space*, *Resource*, *Estrat* e *Goal* representam informações do contexto educacional em que alunos estão inseridos e são relacionadas a um evento específico. Dessa forma, considerando o *Evento1*, pode-se identificar o espaço onde ocorreu o evento (Sala B1), os recursos utilizados (projektor), as estratégias utilizadas pelo professor (Apresentação) e a disciplina ou objetivos da situação de aprendizagem (Sociologia). A identificação e correlação das informações do contexto educacional no impacto do estado afetivo, seja ele positivo ou negativo, podem auxiliar no planejamento preventivo e na regulação de estados afetivos que possam favorecer a aprendizagem.

A terceira questão trata de “quais comportamentos afetivos e parâmetros foram utilizados para o reconhecimento afetivo?”. Para validação dessa ontologia, os parâmetros afetivos utilizados foram apenas a rotulagem do estado afetivo do aluno a partir da sua percepção. No entanto, a ontologia prevê a utilização de outros parâmetros para obtenção do estado afetivo do aluno tais como sinais fisiológicos ou visuais.

Além disso, a ontologia possibilita a realização de outros tipos de consultas SPARQL sobre a base de amostras instanciadas. Na Figura 9 utilizando como filtro por exemplo um evento específico (*Evento2*) é possível a identificação de tipos de afetos diferentes gerados pelo mesmo contexto educacional. Utilizando como filtro o estudante (*User235*), é possível avaliar a mudança de estados afetivos desse aluno envolvendo outros eventos e contextos educacionais.

Person	Type	Affect	Event	Space	Time	Resource	Estrat.	Goal
User156	Student	Tédio	Evento2	Sala B1	20230314_0840	Quadro	Expositiva	Biologia
User166	Student	Frustração	Evento2	Sala B1	20230314_0840	Quadro	Expositiva	Biologia
User203	Student	Tédio	Evento2	Sala B1	20230314_0840	Quadro	Expositiva	Biologia
User215	Student	Engajamento	Evento2	Sala B1	20230314_0840	Quadro	Expositiva	Biologia
User235	Student	Tédio	Evento2	Sala B1	20230314_0840	Quadro	Expositiva	Biologia

Person	Type	Affect	Event	Space	Time	Resource	Estrat.	Goal
User235	Student	Concentração	Evento1	Sala B1	20230314_0750	Projektor	Apresentação	Sociologia
User235	Student	Tédio	Evento2	Sala B1	20230314_0840	Quadro	Expositiva	Biologia
User235	Student	Confusão	Evento3	Sala B1	20230314_0930	Material impresso	Exercícios	Biologia
User235	Student	Concentração	Evento4	Sala B1	20230314_1040	Quadro	Exercícios	Matemática
User235	Student	Concentração	Evento5	Sala B1	20230314_1130	Quadro	práticas	Matemática

Figura 9: Resultado da consulta por evento e pessoa.

Considerando que a ontologia permite a organização de dados referentes ao estado afetivo do aluno associado às informações de contexto, a *OntoUaffect* pode servir de apoio nos processos de aprendizagem, pois possibilita ao professor analisar individualmente ou em grupos, qual o

impacto das estratégias, recursos, espaços, pessoas e objetivos no estado afetivo do aluno. A ontologia possibilita também, a organização dos eventos em históricos de contextos. As informações contidas nos históricos de contexto podem auxiliar na identificação de padrões na classificação e predição de estados afetivos. Tais informações podem auxiliar profissionais da educação na tomada de decisões no planejamento educacional.

A ontologia é composta de estruturas de axiomas e classes, permitindo a instanciação de dados sobre o estado afetivo dos alunos em diferentes contextos educacionais. Através de consultas SPARQL, foi possível identificar padrões de estados afetivos e correlacioná-los com variáveis do contexto educacional, como espaço de aprendizagem, recursos pedagógicos, estratégias de ensino e objetivos de aprendizagem. O armazenamento dessas informações em históricos de contextos pode fornecer *insights* importantes para educadores, possibilitando a adaptação de práticas pedagógicas para atender de forma personalizada às necessidades afetivas dos alunos.

No entanto, existem limitações e desafios importantes para utilização da OntoUaffect, tais como:

- Coleta de dados: a validação da ontologia se baseou apenas na rotulagem do estado afetivo pelos alunos. Isso pode restringir a precisão da inferência, pois não foram utilizados outros parâmetros, como sinais fisiológicos ou visuais;
- Escopo da Amostra: a validação foi realizada com uma amostra pequena, o que pode limitar e generalizar os estados afetivos;
- Complexidade de implementação: a ontologia ainda não oferece uma implementação prática para uso em ambientes educacionais;
- Interpretação dos dados: a interpretação e correlação dos dados contextuais e afetivos podem ser complexas e necessitariam uma análise mais profunda para obtenção de conclusões mais significativas.

Apesar dessas limitações e desafios associados à sua implementação, as contribuições para a prática pedagógica podem ser promissoras, pois ao integrar dados afetivos com informações contextuais, essa ontologia pode auxiliar educadores na criação de ambientes de aprendizagem mais adaptativos e sensíveis ao contexto do aluno.

## 5 Conclusões

Esse artigo propôs a OntoUaffect uma ontologia para representar o domínio de estados afetivos em um contexto educacional. O trabalho detalhou o processo de elaboração da ontologia a partir da metodologia de Noy e McGuinness (2001). Inicialmente foi construído um mapa conceitual para auxiliar na representação e relações entre os conceitos envolvidos no domínio. Na construção da ontologia, foi usada a linguagem OWL utilizando a biblioteca *owlready2* na linguagem *Python* e Protégé 5.5. Essa ontologia foi desenvolvida para servir de modelo de conhecimento para sistemas que visem a classificação e predição de estados afetivos em contextos educacionais.

A avaliação da ontologia utilizou dados reais, durante situações de aprendizagem, nas quais as informações foram coletadas através de auto relato dos alunos por meio de uma aplicação *mobile*, onde os alunos rotulavam a percepção do seu estado afetivo e o contexto educacional em que estavam inseridos.

Como resultado, foi possível responder as questões de competência propostas pela ontologia demonstrando assim, que a OntoUaffect pode ser utilizada para representar as informações do contexto educacional e estado afetivo de um aluno e suas relações. A partir da ontologia foi possível realizar diferentes consultas SPARQL na base instanciada. Essas consultas, permitem



análise de padrões no estado afetivo do aluno e podem auxiliar na identificação das causas de estados afetivos positivos ou negativos.

Dessa forma, as principais contribuições da ontologia são: a integração de dados contextuais, proporcionando uma visão holística do ambiente educacional; a possibilidade de identificação de padrões de estados afetivos ao longo do tempo; o suporte à tomada de decisões, podendo auxiliar professores no planejamento educacional e em intervenções personalizadas; e a contribuição para pesquisas futuras, onde a estrutura da OntoUaffect pode servir como base para explorar novas abordagens para melhorar o bem-estar dos alunos.

Como trabalhos futuros estão previstas a utilização de sinais fisiológicos e a organização dos dados em históricos de contextos, de forma que possam ser utilizados por algoritmos de aprendizagem de máquina para predição de estados afetivos.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), o Instituto Nacional de Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), a FEEVALE Universidade e, especialmente, reconhece o apoio do Programa de Pós-Graduação em Computação (PPGCA) da Unisinos.

## Referências

- Abaalkhail, R., Guthier, B., Alharthi, R., & El Saddik, A. (2018). Survey on ontologies for affective states and their influences Semantic web, 9(4), 441-458. <https://doi.org/10.3233/SW-170270>. [GS Search]
- Álvarez, P., Zarazaga-Soria, F. J., & Baldassarri, S. (2020). Mobile music recommendations for runners based on location and emotions: The DJ-Running system. Pervasive and Mobile Computing, 67, 101242. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2020.101242>. [GS Search]
- Aranda, J. A. S., Bavaresco, R. S., de Carvalho, J. V., Yamin, A. C., Tavares, M. C., & Barbosa, J. L. V. (2021). A computational model for adaptive recording of vital signs through context histories. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s12652-021-03126-8>. [GS Search]
- Asinelli-Luz, A., Hickmann, A. A., & Hickmann, G. M. (2014). As relações interpessoais e as dimensões afetivas no processo ensino-aprendizagem. Linguagens, Educação e Sociedade, (31), 102-125. <https://revistas.ufpi.br/index.php/lingedusoc/article/view/8660>. [GS Search]
- Benta, K. I., Raräu, A., & Cremene, M. (2007, May). Ontology based affective context representation. In Proceedings of the 2007 Euro American conference on Telematics and information systems (pp. 1-9). <https://doi.org/10.1145/1352694.1352741>. [GS Search]
- Chen, J., Yang, T., Huang, Z., Wang, K., Liu, M., & Lyu, C. (2023). Incorporating structured emotion commonsense knowledge and interpersonal relation into context-aware emotion recognition. Applied Intelligence, 53(4), 4201-4217. <https://doi.org/10.1007/s10489-022-03729-4>. [GS Search]
- Dey, A. K. (2001). Understanding and using context. Personal and ubiquitous computing, 5, 4-7. <https://doi.org/10.1007/s007790170019>. [GS Search]

- D'Mello, S., & Calvo, R. A. (2013). Beyond the basic emotions: what should affective computing compute?. In CHI'13 extended abstracts on human factors in computing systems (pp. 2287-2294). <https://doi.org/10.1145/2468356.2468751>. [GS Search]
- Dupont, D., Barbosa, J. L. V., & Alves, B. M. (2020). CHSPAM: a multi-domain model for sequential pattern discovery and monitoring in contexts histories. *Pattern Analysis and Applications*, 23, 725-734. <https://doi.org/10.1007/s10044-019-00829-9>. [GS Search]
- Ekman, P. (1992). An argument for basic emotions. *Cognition & emotion*, 6(3-4), 169-200. <https://doi.org/10.1080/02699939208411068>. [GS Search]
- El Bolock, A., Herbert, C., & Abdennadher, S. (2020). CCOnto: towards an ontology-based model for character computing. In *Research Challenges in Information Science: 14th International Conference, RCIS 2020, Limassol, Cyprus, September 23–25, 2020, Proceedings 14* (pp. 529-535). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-50316-1\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-030-50316-1_34). [GS Search]
- Filippetto, A. S., Lima, R., & 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://doi.org/10.1016/j.infsof.2020.106497>. [GS Search]
- Francisco, R. (2020). Experience Sampling Method (ESM). Jaques, P. A.; Siqueira, S.; Bittencourt, Ig; P. M. (Orgs.) *Metodologia de Pesquisa Científica em Informática na Educação: Abordagem Quantitativa*. Porto Alegre. SBC. <https://metodologia.ceie-br.org/livro-2>. [GS Search]
- Gil, R., Virgili-Gomá, J., García, R., & Mason, C. (2015). Emotions ontology for collaborative modelling and learning of emotional responses. *Computers in Human Behavior*, 51, 610-617. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.11.100>. [GS Search]
- Graterol, W., Diaz-Amado, J., Cardinale, Y., Dongo, I., Lopes-Silva, E., & Santos-Libarino, C. (2021). Emotion detection for social robots based on NLP transformers and an emotion ontology. *Sensors*, 21(4), 1322. <https://doi.org/10.3390/s21041322>. [GS Search]
- Gu, T., Wang, X. H., Pung, H. K., & Zhang, D. Q. (2020). An ontology-based context model in intelligent environments. *arXiv preprint arXiv:2003.05055*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2003.05055>. [GS Search]
- Kołakowska, A., Landowska, A., Szwoch, M., Szwoch, W., & Wróbel, M. R. (2015). Modeling emotions for affect-aware applications. *Information Systems Development and Applications*, 55-67. [GS Search]
- Landowska, A. (2018). Towards new mappings between emotion representation models. *Applied sciences*, 8(2), 274. <https://doi.org/10.3390/app8020274>. [GS Search]
- Li, B., & Sano, A. (2020). Extraction and interpretation of deep autoencoder-based temporal features from wearables for forecasting personalized mood, health, and stress. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 4(2), 1-26. <https://doi.org/10.1145/3397318>. [GS Search]
- Martini, B. G., Helfer, G. A., Barbosa, J. L. V., Espinosa Modolo, R. C., da Silva, M. R., de Figueiredo, R. M., ... & Leithardt, V. R. Q. (2021). IndoorPlant: A model for intelligent services in indoor agriculture based on context histories. *Sensors*, 21(5), 1631. <https://doi.org/10.3390/s21051631>. [GS Search]

- Mejbri, N., Essalmi, F., Jemni, M., & Alyoubi, B. A. (2022). Trends in the use of affective computing in e-learning environments. *Education and Information Technologies*, 1-23. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10769-9>. [GS Search]
- Moore, P. (2017). Do We Understand the Relationship between Affective Computing, Emotion and Context-Awareness? *MACHINES*, 5(3), 16. MDPI. <https://doi.org/10.3390/machines5030016>. [GS Search]
- Noy, N. F., & McGuinness, D. L. (2001). *Ontology development 101: A guide to creating your first ontology*. [GS Search]
- Ortony, A., Clore, G. L., & Collins, A. (1990). *The Cognitive Structure of Emotions*. Cambridge University Press. [GS Search]
- Picard, R. (1997). *Affective computing*. The MIT Press. [GS Search]
- Rentz, D. M., Heckler, W. F., & Barbosa, J. L. (2023). A computational model for assisting individuals with suicidal ideation based on context histories. *Universal Access in the Information Society*, 1-20. <https://doi.org/10.1007/s10209-023-00991-2>. [GS Search]
- Rezende, P. A. A., Pereira, C. K., Campos, F., David, J. M. N., & Braga, R. (2015). PERSONNA: proposta de ontologia de contexto e perfil de alunos para recomendação de objetos de aprendizagem. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 23(01), 70. <https://doi.org/10.5753/rbie.2015.23.01.70>. [GS Search]
- Rodrigues, F. C., Filippetto, A. S., Lima, R. K. D., Heckler, W. F., & Barbosa, J. L. V. (2022). Kairós: using context histories for predictions and recommendations in projects time management. *International Journal of Agile Systems and Management*, 15(1), 31-52. <https://doi.org/10.1504/IJASM.2022.124168>. [GS Search]
- Rosa, J. H., Barbosa, J. L., Kich, M., & Brito, L. (2015). A multi-temporal context-aware system for competences management. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 25, 455-492. <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0047-y>. [GS Search]
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of personality and social psychology*, 39(6), 1161. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/h0077714>. [GS Search]
- Sarmiento-Calisaya, E., Ccori, P. C., & Parari, A. C. (2022, January). An emotion-aware persuasive architecture to support challenging classroom situations. In *2022 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)* (pp. 1-2). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCE53296.2022.9730567>. [GS Search]
- Scherer, K. R. (2000). Psychological models of emotion. Em J. C. Borod (Ed.), *The neuropsychology of emotion* (pp. 137-162). [GS Search]
- Scherer, K. R. (2005). What are emotions? And how can they be measured? *Social science information*, 44(4), 695-729. <https://doi.org/10.1177/0539018405058216>. [GS Search]
- Sezer, O. B., Dogdu, E., & Ozbayoglu, A. M. (2017). Context-aware computing, learning, and big data in internet of things: a survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(1), 1-27. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2017.2773600>. [GS Search]
- Souza, J. C., Hickmann, A. A., Asinelli-Luz, A., & Hickmann, G. M. (2020). A influência das emoções no aprendizado de escolares. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 101, 382-403. <https://doi.org/10.24109/2176-6681.rbep.101i258.4279>. [GS Search]
- Stancin, K., Posic, P., & Jaksic, D. (2020). Ontologies in education—state of the art. *Education and Information Technologies*, 25(6), 5301-5320. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10226-z>. [GS Search]

- Wang, Y., Song, W., Tao, W., Liotta, A., Yang, D., Li, X., ... & Zhang, W. (2022). A systematic review on affective computing: Emotion models, databases, and recent advances. *Information Fusion*, 83, 19-52. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2022.03.009>. [GS Search]
- Zhang, X., Hu, B., Chen, J., & Moore, P. (2013). Ontology-based context modeling for emotion recognition in an intelligent web. *World Wide Web*, 16, 497-513. <https://doi.org/10.1007/s11280-012-0181-5>. [GS Search]