Modelagem Conceitual do Domínio de Caracterização de Áreas de Risco a Escorregamentos Baseada em Ontologia de Fundamentação

Dean P. Melo¹, Joel L. Carbonera², Luan F. Garcia², Fabricio H. Rodrigues²

Abstract

This research aims to develop a conceptual model based on a foundational ontology in the domain of landslide risk assessment. Through a descriptive approach, a case study was carried out involving a municipal public agency of Civil Defense in the State of Rio de Janeiro. The concepts captured for the construction of the conceptual model were identified through a bibliographic study and semi-structured interviews based on the focus group technique. The research results materialized in a list of concepts with respective definitions and an ontological conceptual model. For the domain under study these concepts are slope, massif, deposit, fracture, fault, scar, crack, soil, rock, embankment and vegetation. The foundational ontology called UFO (Unified Foundational Ontology) enabled a deep understanding of the domain, which will benefit the database and information system development projects which support the work processes.

Keywords

Ontology, Conceptual Model, Landslide risk

1. Introdução

Ontologia é um ramo da filosofia, mais propriamente da metafísica, que estuda os tipos de coisas que existem [1]. As noções filosóficas que buscam entender as coisas do mundo, são úteis para externalizar, compartilhar e modelar abstratamente estas coisas [2]. Para o contexto da Ciência da Computação, uma ontologia é uma teoria lógica que consiste em um conjunto de fórmulas projetadas de tal forma que os modelos descritos por estas fórmulas aproximem tão bem quanto possível o conjunto de modelos pretendidos. Em outras palavras, uma ontologia é uma maneira de modelar formalmente a estrutura de um sistema, isto é, as entidades e relações relevantes que emergem de sua observação e que são úteis para nossos propósitos [3, 4].

Desta forma, para a ciência da computação e, mais especificamente para o gerenciamento de requisitos, uma ontologia fornece um vocabulário especializado, formal e bem definido, compartilhado por uma comunidade. Este vocabulário é representativo para o processo do *software*, eliminando confusões terminológicas e conceituais. Uma ontologia permite um processo de aquisição de conhecimento que pode ser aplicado a diferentes softwares que tratam do mesmo domínio [5]. Finalmente, um dos maiores benefícios dos modelos ontológicos é a garantia do compartilhamento de

Proceedings of the 15th Seminar on Ontology Research in Brazil (ONTOBRAS) and 6th Doctoral and Masters Consortium on Ontologies (WTDO), November 22-25, 2022

EMAIL: deanmelo@petrobras.com.br (D.P. MELO); joel.carbonera@inf.ufrgs.br (J.L. CARBONERA); lfgarcia@inf.ufrgs.br (L.F. GARCIA); fabricio.rodrigues@inf.ufrgs.br (F.H. RODRIGUES). ORCID: 000-0003-2378-1252 (D.P. MELO)



© 2022 Copyright for this paper by its authors. Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).



¹ Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte, 31270-901, Brasil

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, Setor IV - Agronomia, Porto Alegre, 91509-900, Brasil

uma mesma conceitualização (ou diagnóstico do tratamento de conceitualizações distintas) que permite uma interoperabilidade semântica entre sistemas e bases de dados [6].

O objetivo deste artigo é apresentar um estudo de caso envolvendo o desenvolvimento de um modelo conceitual ontológico robusto e com relações bem fundamentadas para o desenvolvimento de uma base de dados e sistema de informação. Este modelo trata de um domínio da geologia de engenharia para cadastro de dados de caracterização de áreas de risco a escorregamentos no contexto de um órgão público municipal do Rio de Janeiro. Hoje os dados e informações coletados em vistorias técnicas são armazenados em forma de relatório, onde as descrições são textos livres, o que restringe o rápido acesso às informações comprometendo a tomada de decisão e resposta ágil aos cidadãos. A comunidade de usuários é heterogênea e envolve diferentes perfis profissionais justificando o desenvolvimento de uma ontologia para formalizar um vocabulário compartilhado, que seja comum aos usuários e suficientemente completo para atender a aplicação.

Nesse contexto, a pergunta de pesquisa é: para tratar a complexidade conceitual da caracterização de risco a escorregamento quais devem ser os conceitos presentes e como estes conceitos se relacionam? Os conceitos capturados da literatura e eliciados a partir de grupo focal potencialmente usuário do sistema, tem por objetivo gerar uma *core Ontology* para o domínio em questão [7].

2. Introdução a ontologias

O termo ontologia assume diferentes significados quando considerado como um ramo da Metafísica ou estudado em Ciência da Computação. No contexto da Inteligência Artificial, da Engenharia de Software ou da WEB semântica, uma ontologia corresponde a um:

"artefato concreto de engenharia projetado para um propósito específico sem dar muita atenção para questões de fundamentação, (ii) uma representação de um domínio particular (p.ex., biologia molecular, direito, etc) em alguma linguagem de representação de conhecimento [8].

Por outro lado, no campo da modelagem conceitual, o termo ontologia tem sido usado como um sistema de categorias formais independente de domínio e filosoficamente bem fundamentado que pode ser usado para enunciar modelos da realidade específicos de domínio [11]. Esses sistemas de categorias são denominados ontologias de fundamentação. Neste caso, as concepções filosóficas têm um papel norteador.

Ontologias servem como base para a análise de conceitos de um domínio específico, conduzindo a decisões de modelagem dentro do processo de modelagem conceitual, o que justifica e torna claro o significado dos modelos proporcionando compreensão e reuso [9]. A ontologia de fundamentação utilizada no presente trabalho, conhecida como UFO (*Unified Foundational Ontology*) utiliza elementos da GFO (*Generalized Formalized Ontology*) e bem como da metodologia *OntoClean* [10] sendo discutida profundamente e caracterizada formalmente em Guizzardi [11] [13].

3. Metodologia

Com o objetivo de gerar um modelo conceitual que permita o desenvolvimento de um banco de dados e aplicação para cadastro das informações obtidas em vistoria para risco a escorregamento, foram analisados três modelos de fichas padronizadas para descrição de áreas de riso a escorregamentos: o proposto pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) publicado por Macedo et al. [14]; o segundo modelo que foi base para o mapeamento de risco realizado pelo Ministério das Cidades [15] [16] e um terceiro modelo proposto em [17]. Além destes três modelos foram avaliadas descrições realizadas por técnicos do CPRM [18]. O estudo destes três modelos de fichas, das descrições documentadas [18] e dos conceitos apresentados por Milandenic [19] possibilitou a identificação de pelo menos quatro domínios que compõem o processo de vistoria de avaliação de risco a escorregamento: caracterização do meio físico, caracterização das condições de moradia, contextualização da vistoria e avaliação do risco.

O domínio que é foco deste estudo é o de caracterização do meio físico. A captura dos conceitos principais que foram analisados dentro do domínio mencionado foi obtida também através de descrições disponíveis em [18].

Os conceitos de maciço rochoso, amplitude (altura), declividade, blocos rochosos, percolação de água, fratura, movimentação de bloco, deslizamento, rocha sã, família de fraturas e talude, pertencem ao domínio da caracterização do meio físico e se apresentam com frequência em descrições de campo não estruturadas como também em fichas.

Quanto aos objetivos, esta pesquisa é considerada descritiva uma vez que apresenta uma situação limitada no espaço-tempo com exatidão e expõe as características desta situação de forma dirigida à solução de um problema. Quanto aos procedimentos (meios) é um estudo de caso, realizado no âmbito de um órgão municipal localizado no Estado do Rio de Janeiro focalizado no desenvolvimento de modelo ontológico como artefato para o desenvolvimento de um ambiente computacional específico [20]. Como uma ontologia é, por definição, uma conceitualização compartilhada, foi necessária a realização de reunião com um grupo focal potencialmente usuário do sistema. Ao todo, quatro participantes contribuíram nas discussões, com a presença de um mediador e um relator A abordagem foi semiestruturada, sendo seguido o roteiro da tabela 1, através da técnica de grupos focais [21]. Tradicionalmente, a técnica é considerada propícia para capturar através da "fala" dos participantes conceitos, ideias e concepções sobre determinado tema, o que se coaduna com a necessidade do compartilhamento de uma conceitualização exigido para construção de uma ontologia.

Tabela 1Etapas de identificação dos conceitos

Etapa	Ação
1	Exposição, por parte de todos os participantes, dos elementos comumente observados nas vistorias relacionadas a risco de escorregamento.
2	Reunião de todos os conceitos eliciados por cada participante e comparação com aqueles identificados na literatura.
3	Seleção dos conceitos indispensáveis para uma vistoria de campo com base na visão de todos os especialistas
4	Definição de termos de negócio, através do debate entre os participantes
5	Apresentação das definições dos termos presentes na literatura e comparação com as definições dos especialistas para atingir um consenso final.

O compartilhamento e o aspecto de construção conceitual por parte dos participantes são fundamentais para o sucesso de uso do software, influenciando consideravelmente na qualidade dos dados que serão inseridos na rotina de trabalho.

Como limitação do método, deve-se considerar que as informações foram coletadas com apenas um grupo focal significando que existem outros entendimentos dos conceitos apresentados. Além disso, a ontologia aqui desenvolvida está limitada à caracterização do meio físico, não abordando questões de contexto da vistoria, condições de moradia e conceitos relacionados a risco. Desta forma, o sistema a ser desenvolvido contará com uma *core ontology* de forma que sua implementação dependerá do desdobramento destes outros domínios, pelo menos no nível físico do banco de dados.

4. Resultados

O grupo focal levantou 35 conceitos gerais nas duas primeiras etapas do roteiro sugerido, os quais foram avaliados quanto a pertinência e relevância no domínio modelado. Destes, 32 compõem o modelo final uma vez que há um caso de sinônimos (colúvio – solo coluvionar). As definições encontram-se na tabela 2. Dois conceitos que não foram identificados através da bibliografia nem junto ao grupo focal (maciço terroso e preenchimento) foram inseridos para garantir a consistência do modelo ontológico.

Tabela 2

Definição dos conceitos obtidos da pesquisa bibliográfica, grupo focal e análise ontológica

Termo	Definição	Fonte
1 Água (drenagem)	Diversos processos envolvem a água no contexto da geotecnia. Drenagem, por exemplo, é a surgência de água em um talude. O conceito de drenagem, no âmbito da geografia física, é definido como as águas de superfície e subterrâneas que ocupam uma determinada área geográfica (bacia de drenagem).	Grupo focal [22]
2 Altura	Distância perpendicular de baixo pra cima; elevação, eminência, colina, crista.	[23]
3 Colúvio	Trata-se de um depósito formado por materiais inconsolidados, encobrindo encostas (taludes) íngremes, formado pela ação da água e principalmente da gravidade. São depósitos pouco espessos, composto por mistura de solo e pequenos blocos de rocha.	[17]
4 Corpo de tálus	São acumulações detríticas de sopé de escarpa ou de vertentes muito íngremes. São constituídos por matacões, blocos e materiais finos, mal selecionados e sem estruturas.	[17]
5 Depósito	Definições não encontradas na literatura.	N/A*
6 Escorregamento	O termo escorregamento (<i>landslide</i>) descreve uma ampla variedade de processos que resultam em um movimento talude abaixo de materiais incluindo rocha, solo, preenchimento artificial, ou uma combinação destes. Os materiais podem mover-se por queda, tombamento, escorregamento (). Definições mais restritivas usam o termo para referenciar apenas os movimentos de massa onde há uma zona de fraqueza, uma superfície que separa o material o material escorregado (superior) de uma superfície mais estável (inferior).	[24]
7 Falha	A fratura planar com deslocamento, ou seja, o plano de descontinuidade mecânica com movimento, que estão presentes na crosta ou no manto.	[25]
8 Família de fraturas	Definições não encontradas na literatura	N/A*
9 Fratura	São descontinuidades planares que ocorrem como interrupções na continuidade física de rocha devido ao stress.	[26]
10 Inclinação	Desvio da direção perpendicular; ângulo que uma agulha magnética, suspensa livremente pelo seu centro de gravidade, forma com o horizonte;	[23]
l1 Maciço	Definições não encontradas na literatura	N/A*
.2 Maciço rochoso	Conjunto formado pela matriz rochosa e por todas as descontinuidades nela contidas.	[17]
13 Maciço terroso	Maciço formado por solo.	Inserido na análise ontológica [17]
.4 Material de preenchimento	Trata-se de qualquer material que ocupa os espaços vazios de falhas e fraturas. Podem ser rochas quebradas oriundas da própria parede da fratura ou materiais depositados a partir de fluidos que percolam as falhas e fraturas.	[27]
.5 Movimento de nassa	Conjunto de processos que deslocam solos e rochas pela vertente e podem ser contínuos, episódicos ou catastróficos.	[17]
.6 Perfil de solo	É o conjunto de todos os horizontes genéticos e/ou camadas, acrescidos do material mineral subjacente pouco ou nada transformado e do manto superficial de resíduos orgânicos que influenciam a gênese e o comportamento do solo	[17]
7 Preenchimento	Trata-se de um <i>Relator</i> que estabelece uma relação de mediação entre a fratura e o material de preenchimento.	Inserido na análise ontológica
l8 Rocha	Corpo sólido natural, resultante de um processo geológico determinado, formado por agregados de um ou mais minerais, arranjados segundo as condições de temperatura e pressão existentes durante sua formação.	[17]
19 Rocha alterada	Rocha que apresenta minerais que exibem sinais evidentes de alteração com as perdas de brilho e cor.	[17]
20 Rocha sã	Rocha com pouca ou nenhuma alteração. Descontinuidades sem alteração e películas de óxido de ferro; feldspatos e micas inalteradas.	[17]
21 Solo	É um material natural consistido de camadas em horizontes de compostos minerais e/ou orgânicos com variadas espessuras, diferindo do material original (rocha) por propriedades morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas e por características biológicas. Os horizontes do solo são inconsolidados, mas podem estar cimentados devido a presença de sílica, carbonato ou oxido de ferro.	[17]
22 Solo coluvionar	Sinônimo de Colúvio.	[17]
3 Solo residual	Solos formadas a partir da decomposição das rochas pelo intemperismo, seja químico, seja físico, ou combinação de ambos, e que permanecem no local onde foram formados, sem sofrer qualquer tipo de transporte.	[17]
4 Solo Saprolítico	Trata-se de um horizonte composto por solo residual cuja principal característica é apresentar a estrutura reliquiar da rocha de origem podendo conter até 10% de blocos de rocha. Sinônimo de solo residual jovem.	[17]
.5 Solo ransportado	São os que sofreram transporte por agentes geológicos do local onde se originaram até o local onde foram depositados não tendo ainda sofrido consolidação.	[17]
6 Talude	É uma superfície inclinada de maciços de solo, rocha ou mistos. Talude e encosta são sinônimos, embora este último termo seja mais utilizado em estudos regionais.	[17]
27 Talude artificial	Refere-se ao declive de aterros construídos a partir de materiais de diferentes granulometrias e origens, incluindo rejeitos industriais, urbanos ou de mineração.	[17]
28 Talude natural	Definições não encontradas na literatura.	N/A*
9 Talude de corte	Trata-se de um tipo de Talude originado pela escavação ou outra ação antrópica.	[17]
30 Aterro	Material transportado por agente antrópico, de composição heterogênea.	Grupo focal
31 Cicatriz	Superfície (forma) remanescente de um escorregamento.	Grupo focal
32 Trinca	Descontinuidade existente no solo gerada por movimento de massa de pequena magnitude.	Grupo focal
33 Vegetação	Cobertura vegetal de um espaço geográfico	[17]

* Não se aplica (N/A)

Os conceitos maciço, talude, depósito, talude, fratura, cicatriz e trinca são *kinds*. Isso significa que todos apresentam princípio de identidade, o que permite distingui-los em um mesmo momento ou em

momentos diferentes e contá-los. Tais conceitos fornecem critério de identidade para os conceitos que têm relação de subsunção, isto é, os *subkinds* (aterro, maciço terroso, maciço rochoso e falha).

Por outro lado, os conceitos rocha, solo, vegetação e água são considerados quantidades (*quantities*). O conceito de drenagem foi apresentado como sendo a surgência de água em um talude. No âmbito da geografia física, drenagem é definida como as águas de superfície e subterrâneas que ocupam uma determinada área geográfica (bacia de drenagem) [22]. Este conceito foi complementado na discussão levando-se em conta sua ligação com minas de água, (água que aflora a partir de um fluxo subsuperficial) e com a percolação que tem papel fundamental na estabilidade de taludes. Uma vez que a água se materializa de diversas formas no maciço, preferiu-se materializar o conceito água no modelo conceitual.

Estas classes são rígidas significando que uma instância de rocha não deixará de ser rocha sem deixar de existir. Contudo, não é possível contá-los pois não são limitados no espaço. Não faz sentido perguntar "quantas vegetações estão presentes?" ou "quantos solos?". Estes conceitos são medidos em quilogramas, gramas, blocos.

Os conceitos de colúvio e corpo de tálus são considerados *role*, sendo aplicáveis a suas instâncias de maneira contingente (antirrígidos). O corpo de tálus é uma acumulação associada a movimentos de massa condicionados pelo fraturamento em maciços rochosos. Um corpo de tálus é um *role* desempenhado por materiais detríticos e mal selecionados que se relacionam com o maciço devido a origem e por ocuparem uma região morfológica específica (sopé). A diferença entre colúvio e corpo de tálus, de acordo com os especialistas, é o fato deste último apresentar composição mais grosseira o que reflete a questão da proximidade com a área fonte.

Solo transportado é um solo cuja deposição tenha ocorrido devido a ação de uma agente de transporte (ex. fluxos gravitacionais). Tal ação pode ser interpretada como um evento que ocorreu por determinado tempo que levou sedimentos de um ponto A para um ponto B. Desta forma, qualquer solo pode ser um solo transportado, desde que ocorra transporte. Em outras palavras, um solo é instância do conceito de solo transportado em razão de sua relação com certo tipo de evento, o que caracteriza esse conceito como um *historical role*. De forma análoga, também são considerados *historical role* os conceitos de talude natural (eventos naturais) em assim como de talude artificial e de talude de corte (eventos antrópicos).

Instâncias do conceito de solo coluvionar são caracterizadas pelos locais que ocupam, tais como sopés de montanhas. Desta forma, esse conceito é definido por uma relação contingente entre o solo e local em que ele está depositado, o que o classifica como um *role*.

Em geral, os horizontes de solo são formados através de fases, da base para o topo: rocha sã, rocha alterada, solo residual jovem e solo residual maduro. Por este motivo, as classes identificadas como rocha sã, rocha alterada e solo residual são considerados *phases*. Não há qualquer problema em um solo residual (*phase*) se apresentar como solo transportado (*historical role*), assim como não há inconsistência em uma pessoa adulta (*phase*) se apresentar como autora de uma obra literária (*historical role*).

Em relação ao material de preenchimento, uma instância deste conceito pode deixar de ser instância desta classe sem deixar de existir. Argila, calcita, fragmento de rocha, podem ser contingencialmente materiais de preenchimento de falhas e fraturas. Portanto, material de preenchimento não apresenta rigidez tampouco apresenta princípio de identidade.

Dois conceitos são aqui considerados coletivos: família de fraturas e perfil de solo. Os coletivos se caracterizam pelas partes ou membros exercerem o mesmo papel funcional no todo. Uma fratura desempenha o mesmo papel funcional de qualquer uma outra fratura da mesma família. O horizonte saprolítico, o horizonte orgânico tem a mesma função no conjunto de horizontes possíveis de um perfil de solo.

Os conceitos de altura e inclinação são qualidades (qualities), existencialmente dependentes de outros indivíduos.

Diferentemente das classes apresentadas até aqui (*endurants*) escorregamento é considerado evento (*event*). Na conceitualização aqui posta, movimento de massa é o evento mais genérico e escorregamento é um tipo específico de movimento de massa [17].

Há dois conceitos no modelo que não foram obtidos da literatura e nem através do grupo focal. Tratase de preenchimento e maciço terroso. Preenchimento é um *relator* necessário na relação entre o *kind*

fratura e o *rolemixin* material de preenchimento. O maciço terroso foi introduzido para compatibilizar os conceitos de solo e todos os *roles* e *phases* associados, bem como estruturas (ex. trinca).

Os conceitos centrais do modelo aqui proposto são: talude, maciço, cicatriz, depósito, fratura, trinca (kinds) e vegetação, água, solo, rocha (quantity). O modelo apresentado na figura 2 foi construído utilizando a ferramenta Visual Paradigm através do plugin OntoUML (linguagem OntoUML [12]).

Vale ressaltar que a lista de conceitos bem como suas definições foram apresentados e validados pelo grupo focal. O modelo conceitual bem como os desdobramentos para o projeto de banco de dados não foi apreciado pelo grupo, uma vez que houve desmobilização parcial durante o projeto.

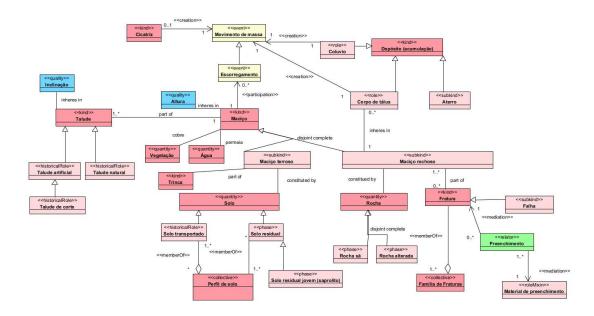


Figura 2: Modelo conceitual de caracterização de áreas de risco a escorregamentos (pré-evento) de acordo com a análise ontológica. Diagrama construído através da ferramenta Visual Paradigm, plugin ONTOUML.

A tabela 3 sumariza os tipos de relacionamentos existentes entre os conceitos, com exceção dos relacionamentos de subsunção.

Tabela 3Relacionamento entre os conceitos

Relacionamento	Conceitos envolvidos
Parte de	talude – maciço; trica – maciço terroso; fratura – maciço rochoso
Criação	movimento de massa – cicatriz; movimento de massa – colúvio; movimento de massa – corpo de tálus
Participação	escorregamento – maciço
Constituído por	solo - maciço terroso; rocha – maciço rochoso
Inerente a	corpo de tálus – maciço rochoso; altura – maciço; inclinação – talude
Membro de	solo transportado – perfil do solo; solo residual – perfil do solo; fratura – família de fraturas;
Mediação	material de preenchimento – preenchimento; preenchimento – fratura
Cobre	vegetação – maciço
Permeia	Água – maciço

5. Conclusões

O objetivo do trabalho apresentado foi identificar os principais conceitos relacionados ao processo de vistoria para a caracterização do meio físico em situação de risco a escorregamento. Além da identificação dos conceitos, o trabalho se propôs a demonstrar a relação entre eles através da construção de um modelo conceitual. A abordagem baseada em ontologia de fundamentação foi empregada no sentido de garantir consistência à classificação dos conceitos e na forma como eles se relacionam. Desta forma foi exigida uma profunda análise do significado dos termos usados pela comunidade envolvida. O estudo de caso foi realizado em um órgão municipal de Defesa Civil. Foi realizada reunião com grupo focal onde foram eliciados diversos conceitos e definições de grande impacto para que o trabalho de vistoria tenha a qualidade adequada e, consequentemente, para que o sistema a ser construído tenha efetividade.

Através do estudo bibliográfico foram capturados conceitos recorrentes em formulários padronizados de descrição de campo e em descrições reais realizadas por profissionais da área. Foram enfatizados os aspectos relacionados à caracterização do meio físico, sendo excluído da pesquisa outros domínios. A partir da reunião com grupo focal, foram identificados conceitos diferentes daqueles previamente levantados que eram considerados essenciais, totalizando 32 conceitos representados.

Como resposta ao problema de pesquisa proposto pode-se dizer que os conceitos essenciais que são imprescindíveis a um sistema de informações e banco de dados para apoio as atividades de vistoria são aqueles classificados como *kinds* e *quantities*: talude, maciço, cicatriz, depósito, fratura, trinca, vegetação, água, solo e rocha. O modelo conceitual construído, expressa a relação entre os conceitos. A apresentação de falhas e fraturas como componentes do maciço rochoso e não do talude e diferenciação entre os metatipos exclusivos dos maciços terrosos em relação aos rochosos foram destacados como essenciais para o sistema de informação uma vez que restringe os objetos a serem descritos em cada situação.

Um ponto a ser destacado é que a eliciação dos conceitos e definição deles, realizada junto aos colaboradores especialistas, é que há uma grande dificuldade na relação entre o objeto observado e o conceito, mesmo para os colaboradores mais experientes. Esta dificuldade se manifestou com maior expressividade com o conceito de maciço, devido à escala de trabalho aplicada pelo grupo. A diferenciação entre depósitos artificiais (aterro) e depósitos gerados por fluxo gravitacional de sedimentos terrígenos (colúvio) foi destacada como especialmente complicada, de forma que sua implementação no sistema pode levar a erros. Desta forma, foi identificada a necessidade de treinamentos específicos para compatibilizar conceitos e instâncias. Esta tarefa é essencial para que sejam registradas informações de qualidade.

6. Referências

- [1] B. Smith, Ontology, in: L. Floridi (Ed.), The Blackwell Guide to the Philosophy of Computing and Information, Blackwell, Oxford, 2003, pp. 153–166. URL: http://www.blackwellreference.com/public/uid=31/book?show=all&id=g9780631229193_9780631229193.
- [2] M. Abel, S. R. Fiorini, Uma revisão da engenharia do conhecimento: evolução, paradigmas e aplicações, International Journal of Knowledge Engineering and Management IJKEM, 2 (2013): 1-35. URL: http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJKEM/article/view/2136.
- [3] N. Guarino, P. Giaretta. Ontologies and Knowledge Bases: Towards a Terminological Clarification. In N. Mars, editor, Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building and Knowledge Sharing, pages 25–32. IOS Press, Amsterdam, 1995.
- [4] N. Guarino, D. Oberle, S. Staab. What is an ontology? In: Handbook on ontologies. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. p. 1-17.
- [5] S. A. Kumar, A. T. Kumar, Study the impact of requirements management characteristics in global software development projects: an ontology based approach, International Journal of Software Engineering & Applications IJSEA, 2.4 (2011): 107-125. URL: http://www.airccse.org/journal/ijsea/papers/1011ijsea10.pdf.
- [6] J. M. H. Dall'Agnoll, Método de argumentação para resolução colaborativa de divergências na combinação de ontologias individuais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2013. URL: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/750.

- [7] A. Prestes, J. L. Carbonera, S. R. Fiorini, V. A. M. Jorge, M. Abel, R. Madhavanb, A. Locoro, P. Gonçalves, M. E. Barreto, M. Habibg, A. Chibani, S. Gérard, Y. Amirat, C Schlenoff, Towards a core ontology for robotics and automation, Robotics and Autonomous Systems, 61 (2013): 1193-1204. URL: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921889013000596.
- [8] G. Guizzardi, R. A. Falbo, R. S. S. Guizzardi, A importância de Ontologias de undamentação para a Engenharia de Ontologias de Domínio: o caso do domínio de Processos de Software, Revista IEEE América Latina, 6 (2008): 244-251. URL: http://www.academia.edu/2286418/A_importancia_de_Ontologias_de_Fundamentacao_para_a_Engenharia_de_Ontologias_de_Dominio_o_caso_do_dominio_de_Processos de Software.
- [9] J. L. Carbonera, Raciocínio sobre conhecimento visual: um estudo em estratigrafía sedimentar, Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2012. URL: http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/54864.
- [10] N. Guarino, C. Welty, Evaluating ontological decisions with OntoClean, Comunications of the ACM, 45 (2002): 61-65. doi:10.1145/503124.503150
- [11] G. Guizzardi, Ontological Foundations for Structural Conceptual Models, Tese, Faculdade de Ciência da Computação, Universidade de Twente, Holanda, 2005. URL: http://doc.utwente.nl/50826/1/thesis Guizzardi.pdf.
- [12] A. Albuquerque, G. Guizzardi, An Ontological Foundation for Conceptual Modeling Datatypes based on Semantic Reference Spaces, in: Proceedings of the 7th. IEEE International Conference On Research Challenges In Information Science RCIS, Paris, 2013, pp. 1–12. URL: http://www.inf.ufes.br/~gguizzardi/PID2733627.pdf.
- [13] P. S.Santos Jr., J. P. A. Almeida, G. Guizzardi, An ontology-based analysis and semantics for organizational structure modeling in the ARIS method, Information Systems, 38 (2013): 690-708. URL: http://www.inf.ufes.br/~gguizzardi/An%20ontology-based%20analysis%20and%20semantics%20for%20organizational%20...%20.pdf.
- [14] E. S. Macedo, A. T. Ogura, K. Canil, G. S. Almeida Filho, M. F. Gramani, F. C. Silva, A. C. Corsi, F. A. Mirandola, Modelos de fichas descritivas para áreas de risco de escorregamento, inundação e erosão, in: Anais do Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, Florianópolis, 2004, pp. 892–907. URL: http://www.cfh.ufsc.br/~gedn/sibraden/cd/EIXO%205_OK/5-70.pdf
- [15] L. E. S. Cerri, Mapeamento de Riscos nos Municípios, in: C. S. Carvalho, T. Galvão (Orgs.), Prevenção de riscos de deslizamentos em encostas: guia para elaboração de políticas municipais, Ministério das Cidades, Brasília, DF, 2006, pp. 46–55. URL: http://www.ceped.ufsc.br/sites/default/files/projetos/Prev.Riscos.pdf.
- [16] D. G. M. Faria, Mapeamento de perigo de escorregamentos em áreas urbanas precárias brasileiras com a incorporação do Processo de Análise Hierárquica (AHP), Tese, EESC/USP, São Carlos, 2011. URL: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-08122011-110908/pt-br.php.
- [17] OLIVEIRA, AM dos S.; BRITO, SNA de. Geologia de engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.
- [18] Brasil, Ministério de Minas e Energia, Reavaliação de setor de risco a queda de blocos no bairro Santa Clara/Pedreira Itambacuri MG: relatório de visita, Serviço Geológico do Brasil CPRM, Belo Horizonte, 2020.
- [19] D. Mladenić, A. Moraru, M. Škrjanc, M. Rihtar, M. Grčar, M. Roth, P. Maué, H. Michels, A. Llaves, Environmental Services Infraestructure with Ontologies: Model Annotation components and guidelines, ENVISION Consortium Project No: 249120, Athens, Greece, 2011. URL: http://www.envision-project.eu/wp-content/uploads/2011/01/D4.2-0.9.3.pdf.
- [20] S. C. Vergara, Projetos e Relatório de Pesquisa em Administração, Atlas, São Paulo, 2013.
- [21] L. A. B. Trad, Grupos focais: conceitos, procedimentos e reflexões baseadas em experiências com o uso da técnica em pesquisas de saúde, Physis Revista de Saúde Coletiva, (2009). URL: https://www.scielo.br/j/physis/a/gGZ7wXtGXqDHNCHv7gm3srw/?lang=pt.
- [22] A. G. Yahn Filho, O conceito de bacia de drenagem internacional no contexto do tratado de cooperação amazonica e a questão hídrica na região, in: Anais do II. Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Ambiente e Sociedade, Indaiatuba, 2005, pp.1–13. URL: http://www.scielo.br/pdf/asoc/v8n1/a06v08n1.pdf.

- [23] H. Michaelis, C. M. Vasconcelos, Dicionário Michaelis online, Melhoramentos, c2022. URL: https://michaelis.uol.com.br/.
- [24] United States os America, United States Geological Survey, 2022. URL: https://www.usgs.gov/.
- [25] A. Motoki, T. Vargas, W. Iwanuch, D. P. Melo, S. E. Sichel, A. Balmant, J. R. Aires, K. F. Motoki, Terremoto fóssil evidenciado pela brecha tectônica silicificada da área de Cabo Frio, RJ, e sua relação com a gênese do movimento intermitente da falha e o hidrotermalismo amagmático associado, Anuário do Instituo de Geociências, 35.2 (2012): 124–139. URL: http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?pid=S0101-97592012000200011&script=sci arttext.
- [26] J. P. Burg, Faults, 2014. URL: http://www.files.ethz.ch/structuralgeology/JPB/files/English/3faults.pdf.
- [27] R. C. Lemos, R. D. Santos, Manual de descrição e coleta de solo no campo. 3.ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 1996.
- [28] G. Guizzardi, A. B. Benevides, C.M. Fonseca, D. Porello, J. P. A. Almeida, T. P. Sales, UFO: Unified Foundational Ontology, Applied Ontology 1 (2021): 1–3. URL: https://www.researchgate.net/publication/355735118.
- [29] M. Abel, L. Mastella, M. Perrin, M. Tonnat, Ontologies and their use for geological knowledge formalization, in: M. Perrin, J. Rainaud (Ed.), Shared Earth Modeling: knowledge driven solutions for building and managing subsurface 3D geological models, Editions Technip, Paris, 2013, pp. 189–205.
- [30] Guizzardi, G., Wagner, G., de Almeida Falbo, R., Guizzardi, R., and Almeida, J. (2013). "Towards ontological foundations for the conceptual modeling of events". ER 2013, LNCS 8217:327–341.
- [31] Almeida, J. P. A., Falbo, R. A., and Guizzardi, G. "Events as entities in ontology-driven conceptual modeling". ER 2019, vol. 11788, LNCS, Springer, 2019, pp. 469–483.