

Inovstone* – Plataforma de apoio ao setor das Rochas Ornamentais Portuguesas

Adão Lopes

Departamento de Informática, Escola de Ciências e Tecnologia,
Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000-671 Évora, Portugal
d39738@alunos.uevora.pt

Resumo Portugal é o sétimo produtor à escala mundial no sector da Pedra Natural. Com mais de 2000 empresas ligadas ao sector, tem um saldo positivo nas transacções comerciais, exporta 60 % da produção e contribui com 1.5 do total das exportações nacionais. A Associação Cluster Portugal Mineral Resources surgiu em 2006 com o intuito de promover a internacionalização, a sustentabilidade e a competitividade. A criação de emprego qualificado e uma aposta forte na investigação e desenvolvimento tecnológico são investimentos importantes nesta área de atuação e desenvolvimento económico. O projecto Inovstone 4.0 visa dinamizar o sector das rochas ornamentais e, simultaneamente, reforçar a competitividade face aos novos desafios tecnológicos. Adaptar os processos actuais a conceitos emergentes como Linked Data, Building Information Modeling, Web Semântica ou Pesquisas em Língua Natural, surgem como um desafio importante, possibilitador de concretização. Este estudo apresenta uma proposta tecnológica capaz de colmatar as necessidades do sector. Os detalhes de implementação, funcionalidades e arquitetura da plataforma são apresentadas e detalhadas. Por fim, é feita uma análise das expectativas e exemplificação de casos de uso previstos nesta solução.

Keywords: Building Information Modeling · Web Semântica · Língua Natural · Rochas Ornamentais.

1 Introdução

O projeto *Inovstone* surge da necessidade de evidenciar a capacidade dinâmica de setor de Rochas Ornamentais (RO), e sincronicamente, robustecer a competitividade por adaptação ao novo modelo digital de *procurement*¹ Building Information Modeling (BIM). Deste modo, tem como finalidade primordial o desenvolvimento de tecnologias inovadoras, que coadjuvem o acréscimo da competitividade do Cluster da Pedra Natural, através do aumento da produtividade

* Este trabalho é cofinanciado pelo Sistema de Incentivos no domínio da Competitividade e Internacionalização COMPETE 2020 - Portugal 2020 através do FEDER, no âmbito do projeto Inovstone 4.0 (POCI-01-0247-FEDER-04535)

¹ Procurement descreve todas as atividades desde o estudo do mercado, avaliação de fornecedores até o processo de aquisição de produtos e serviços. A palavra "Compras" pode ser considerado uma versão mais pobre do Procurement.

das empresas e do aumento das exportações do Cluster, quer por via dos produtos em pedra quer por via dos produtos tecnológicos[14].

Neste projeto há uma ampla interoperabilidade das empresas de cariz tecnológico com as empresas de pedra natural, e também com as entidades do ramo científico-tecnológico onde se enquadra a Universidade de Évora.

2 Estado da arte

A previsível utilização global de plataformas BIM (Building Information Modeling) na Arquitetura Engenharia e Construção (AEC), colocará os fornecedores da indústria de construção perante um novo conceito de e-procurement, com implicações ainda imprevisíveis nas empresas e na própria na cadeia de abastecimento, na qual, se inserem as empresas de Rochas Ornamentais(RO)[28].

Em alguns países os projetos em BIM são obrigatórios nas obras públicas. Prevê-se que a partir de 2025 essa obrigatoriedade se torne extensiva a todo o espaço europeu, pelo que todos os projetos terão que ser apresentados em BIM. De referir que o BIM orienta o procurement para produtos standard, ao invés da competitividade global da Industria Portuguesa de Pedra Natural que se dá por via da sua capacidade de obras por medida (não standard). A Produção Colaborativa INOVSTONE 4.0 pretende, transformar a ameaça potencial do procurement BIM, numa oportunidade real para a Pedra Natural Portuguesa[28].

2.1 Building Information Modeling

Este conceito permite aos envolvidos a visualização do projeto em várias perspetivas, de acordo com a sua natureza de formação profissional. O BIM oferece várias vantagens, uma vez que um arquiteto pode desenhar o modelo do projeto. Em simultâneo, o engenheiro pode realizar a sua parte do projeto, sem terem contacto pessoal, e sem necessidade de estarem a converter os ficheiros. Uma outra vantagem a salientar, é que permite importar no modelo virtual os objetos sólidos em formato de Industry Foundation Classes (IFC). Desta forma, obtém-se uma redução das tarefas do projeto, uma redução de probabilidade de erros humanos e uma redução de custos de construção[14].

Definição BIM não é um tipo específico de software[11], é um conceito mais amplo que envolve todo o processo de um projeto, ou seja inclui não só o modelo de informações de construção, mas todo o envolvimento humano necessário à boa implementação e execução do mesmo. Há várias definições do BIM, porém algumas são similares ou complementares, mas podemos encontrar muitas noções erradas ao redor deste conceito. Pode definir-se como uma filosofia de trabalho que integra Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), na elaboração de um modelo virtual preciso, que gera uma base de conhecimentos que contém informações topológicas como os subsídios necessários para orçamento, cálculo

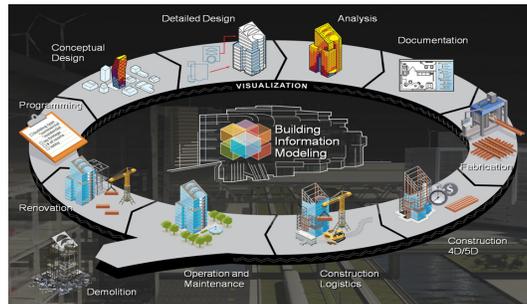


Figura 1. O BIM associado a todos os intervenientes do ciclo de vida da construção[10].

energético e previsão de insumos ² e ações em todas as fases do ciclo da vida de um projeto de construção apresentado na Figura1 [11].

Vantagens BIM oferece uma organização sistemática de todas as informações, pertinentes a realização do projeto durante todo seu ciclo de vida. Possibilita de uma forma eficiente e eficaz o acesso a essas informações, deste modo os AEC tem um poder de informação, que podem anteceder interferências e impactos no projeto em sua realidade geográfica e social. Por isso, o BIM é muito mais amplo que a realidade virtual ou um software[11]. Afirma se, portanto, como um meio para a melhoria da qualidade e produtividade na construção, tornando a indústria AEC mais competitiva[22]. O principal foco do conceito BIM é a informação ou a modelagem da informação. Desta forma todos os membros que compõem a concepção de um projeto devem estar incluídos no conceito BIM, por isso que este conceito é muito amplo.

Ao passo que os sistemas CAD (Computer Aided Design), se tornaram mais inteligentes, e mais utilizadores quiseram compartilhar dados associados com um determinado projeto, a mentalidade alterou-se dos desenhos e das imagens em 3D para as informações em si[11].

CAD na fase inicial a adaptação as tecnologias, deu um enorme contributo para facilitar a vida dos arquitetos, de forma a desenhar mais eficaz e eficiente. Todavia esta inovação trouxe enormes beneficiários sem duvida alguma, mas somente para os desenhadores do projeto, os outros processos envolvidos no projeto que requer o cruzamento de informações continuaram inalteráveis comparativamente aos hábitos tradicionais. As mais valias já são empregues em alguns países que apostaram na inserção de metodologias BIM nos seus processos tradicionais[22].

Imposição governamental Nos últimos anos o BIM tem tido uma aceitação internacional muito grande[19]. Em 2008, foi aprovado em Estados Unidos o

² Cada um dos elementos essenciais para a produção de um determinado produto ou serviço, na área de economia e indústria.

uso obrigatório do BIM em projetos governamentais. Nos países como Dubai, Finlândia, Rússia, Singapura, Suécia também já adotaram o uso obrigatório do BIM. No ano 2016 o Reino Unido também juntou a leque desses países que tomaram esta medida[19].

Em Portugal a implementação e normalização do BIM tem sido progressiva e gradual. As instituições de ensino superior são as entidades com maior conhecimento e a usabilidade do BIM em Portugal, seguindo-se as empresas de construção e os gabinetes de projeto[32].

É importante manter em mente o conceito do BIM não consiste somente na mudança tecnológica, mas também numa mudança de processos da modelagem de informação[11]. Uma representação tridimensional não parametrizada, ou seja sem informação de atributos, que geralmente são desenvolvido para a visualização gráfica, não corresponde a um modelo BIM[32]. O conceito BIM é definido como o processo de criar e usar modelos digitais para o desenho, construção e/ou operação de projetos[35].

Dimensões Para a descrição geométrica só precisamos das 3 dimensões. Uma vez que o BIM modela as informações, necessitamos de novas dimensões para descrever as informações.



Figura 2. As Dimensões do BIM[16].

Como podemos observar na Figura 2 o BIM 4D, incorpora a variável **temporal** ao modelo virtual do projeto. Desta forma possibilita a inclusão de informações relativamente ao tempo, como o cronograma do projeto. A quinta dimensão do BIM, coaduna os **custos** do projeto ao modelo tridimensional. Deste modo, cada elemento do projeto passa a ter um custo.

A sexta dimensão incorpora com a sustentabilidade do projeto. A sétima dimensão são as informações de acompanhamento do projeto desde a fase inicial, até a fase final do projeto. Apesar da Figura 2 apresentar somente sete dimensões, é bom frisar que o BIM suporta até 11 dimensões.

Interoperabilidade Um grande entrave à implementação da metodologia BIM é a falta da interoperabilidade entre as diferentes softwares usado nas diversas

áreas envolvido num projeto. Interoperabilidade é a característica fundamental das ferramentas que são desenhadas para trabalharem em conjunto como parte integrada de um sistema para complementar tarefas[30].

Nos Estados Unidos há grande prejuízos para as empresas devido aos problemas de falta de interoperabilidade estão avaliados em 15.8 mil milhões de dólares anuais. A solução de problemas de interoperabilidade pode reduzir significativamente os custos do projeto[7].

Para o setor de Rochas Ornamentais a interoperabilidade tem um papel preponderante, derivado a complexidade do produto final. Desde o design do projeto, marketing e a venda do produto final há muitas partes envolvidas. A principal razão que estudam a possibilidade de implementação do modelo BIM neste setor, é para facilitar na interoperabilidade entre as entidades envolvida, de forma a reduzir os custos da produção e também a posteriori puderam candidatar a projetos internacionais, dado que pelo andar da carruagem daqui à uns anos, a maioria dos países já adotaram a obrigatoriedade dos modelos BIM nos concursos dos projetos governamentais.

Apesar do BIM conjecturar a interoperabilidade entre os profissionais da AEC. Eles não fazem o uso adequado da exploração do recurso da interoperabilidade no projeto BIM. De modo a que se tenha uma boa interoperabilidade, é fundamental a implementação de um padrão de protocolo internacional de trocas de informações nos aplicativos e nos processos do projeto[3].

2.2 International Alliance for Interoperability (IFC)

No ano 1994 a International Alliance for Interoperability desenvolveu o IFC, que tornou o principal instrumento pelo qual é possível estabelecer a interoperabilidade dos aplicativos de software da AEC[5]. O IFC, segundo a International Alliance for Interoperability é um formato standart com especificações padronizadas para o BIM[29].

Problemas de interoperabilidade acontecem ao trocar informações BIM, entre ferramentas de diferentes fornecedores como Autodesk³, Graphisoft⁴, Bentley⁵, e entre outros. De modo a melhorar o modelo de dados IFC de forma a ter zero erros durante a transformação de um sistema para outro, as empresas tem se unido para a melhoria do IFC de forma a superar os desafios da interoperabilidade [30].

Ficheiros Existem vários tipos de padrões internacional do IFC, a título de exemplo podemos mencionar, ifcSTEP (Standard for Exchange of Product Model Data), ifcXML, ifcOWL⁶, ifcZIP. Estes padrões definem a troca de informações de produtos interoperáveis por computador, em todo o ciclo de vida de um projeto, desde a fase inicial até a demolição[23].O IFC se baseia na linguagem e nos conceitos da ISO-STEP EXPRESS para o desenvolvimento e a definição

³ <https://www.autodesk.pt>

⁴ https://www.graphisoft.com/info/about_graphisoft

⁵ <https://www.bentley.com>

⁶ <http://www.buildingsmart-tech.org/future/linked-data>

dos modelos[25]). Entre as diferentes versões do IFC cabe citar a versão mais recente que é o IFC4add2 [13].

O formato **ifcXML**, até pelos exemplos na secção da documentação, pode ser considerado o formato oficial. De todos é o formato mais legível pelo utilizador. Está definido pela ISO 10303-28⁷. Segundo um parceiro do projecto InovStone, as máquinas de corte de pedra que a empresa possui só abre ficheiros XML.

Por sua vez, **ifcSTEP** é uma forma menos verbosa que o **ifcXML**, por esse facto torna os ficheiros mais pequenos em termos de dimensão. Em projectos IFC de grandes dimensões estamos a falar em vários gigabytes de diferença entre o **ifcXML** e o **ifcSTEP**. É este o motivo que leva a ser o mais comum, embora o **ifcXML** seja o formato oficial. O STEP está definido pela ISO 10303-21⁸. Os softwares CAD exporta as informações como um arquivo físico STEP[27].

o IFC pode ser entendido como uma ontologia no contexto de conhecimento factual de domínio[9]. A ontologia **ifcOWL** encontra-se numa fase embrionário. Surgiu com a necessidade de transformar modelos de produtos em EXPRESS para em Web Ontology Language (OWL)[27]. A sua principal função é ser um facilitador semântico de comunicação entre utilizadores e as aplicações[6]. Dado que o EXPRESS e o OWL são linguagens distintas, é necessário fazer o mapeamento rigoroso [9]. Há umas traduções que podem ser feita de forma direta, por exemplo como as Entidades do EXPRESS pode ser traduzida diretamente como Classes em OWL, mas a maioria é necessário bastante cuidado na tradução[27]. Atualmente, é realizado conferencias de forma a melhorar a versão do **ifcOWL**, de forma a ser suportado em softwares de topo nesta área. Esta ferramenta de web semântica do domínio Linked Open Data (LOD) vai apoiar a interoperabilidade de informações, transformando os dados mais flexíveis, e dar uma mais valia ao modelo IFC.

Por último, o **ifZIP** é um ficheiro comprimido de um dos formatos descritos anteriormente.

2.3 Ontologias

Historicamente o termo ontologia tem origem do grego “*ontos*”, ser, e “*logos*”, palavra⁹. O termo original é a palavra aristotélica “*categoria*”, que pode ser usada para classificar alguma coisa[2].

Ultimamente, a usabilidade da ontologia tem recebido uma atenção especial, no que concerne, a organização das informações em fonte de origem de dados diversificados. O programador da ontologia, define as regras que regulam a combinação entre termos e relações em uma base de conhecimento[2].

Além de seu uso em filosofia, o termo ontologia é justaposto em áreas diversificadas de pesquisa. Ontologias são utilizadas hoje em diversas áreas para organizar a informação. Pode-se aludir áreas do domínio da ciências tecnológicas, como por exemplo: Medicina[8], Engenharia Civil [9], Geografia e Direito[15].

⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/ISO_10303-28

⁸ https://en.wikipedia.org/wiki/ISO_10303-21

⁹ <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ontologia>

Os projetos de engenharia de software envolvendo ontologias, exibem paralelismo com teorias estudadas na ciência da informação, como a classificação facetada, controlada vocabulários e lexicografia.[33]. Ontologia é uma descrição formal e explícita de conceitos, das suas propriedades, relações e tem múltiplas funcionalidades. Podem ser dinamicamente adaptadas de acordo com a natureza dos dados, podem ser compartilhadas, ser associadas a modelos maiores e usadas para deduzir conhecimento quando existem incertezas e os dados são limitados[1].

Ontologia é uma especificação explícita de uma concetualização, ou seja uma visão abstrata e simplificada do mundo em que deseja representar[12]. Nas ontologias temos as classes, as suas relações, funções, objetos, as propriedades, etc. com textos que descrevem , o que os nomes significam e os axiomas formais que restringem a interpretação e o uso desses termos[2].

Nem sempre as ontologias apresentam a mesma estrutura, mas existem características e componentes básicos comuns presentes em grande parte delas[2]. Os componentes essenciais de uma ontologia são **classes**¹⁰, relações (representam o tipo de interação entre os conceitos de um domínio), **axiomas**¹¹ e **instâncias** (utilizadas para representar elementos específicos, ou seja, os próprios dados em si[24].

Editores e Sistemas de gestão Na atualidade o Protégé¹² é o software mais popular e usado para criação de ontologias, devido ao facto de proporcionar um ambiente mais amigável[21]. Pode-se, nomear outros softwares mais conhecidas para criação de ontologias, nomeadamente o WebODE¹³, que foi desenvolvido no laboratório de inteligência artificial da Universidade Politécnica de Madrid[21]. Trata-se de uma aplicação Web, onde as ontologias são armazenadas em bases de dados relacionais.

Um outro programa estudado para criação de ontologias foi o OntoEdit, que constitui um ambiente gráfico para edição de ontologias que permite inspeção, navegação, codificação e alteração de ontologias. Foi desenvolvido pela AIFB (Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren) na Universidade de Karlsruhe. Possui arquitetura extensível baseada em plugins e atualmente está disponível nas seguintes versões: OntoEdit Free e OntoEdit Professional[21].

2.4 Base de Dados em Grafos

Atualmente, nas empresas e organizações, estamos cientes do papel preponderante que as bases de dados assumem a todos os níveis[18]. As base de dados

¹⁰ Organizadas em uma taxonomia.

¹¹ Usados para modelar sentenças sempre verdadeiras

¹² <https://protege.stanford.edu/>

¹³ <http://mayor2.dia.fi.upm.es/oeg-upm/index.php/en/old-technologies/60-webode/>

relacionais tem uma grande usabilidade, no armazenamento de dados num conjunto limitado. As aplicações Web geram um volume de dados gigantesco, devido a escalabilidade surgiu novos paradigmas tecnológicos.

Para lidar com o volume enorme de dados em tempo real, no contexto de base de dados surgiu o No SQL (Not Only Sql)[31]. O seu surgimento deu, em resposta a grandes volumes de dados estruturados, e principalmente os dados não estruturados que necessitam de escalabilidade.

O NoSQL tem sido profusamente adotado em empresas como Facebook, Amazon e Google, com o escopo de responder às suas demandas de escalabilidade, alta disponibilidade e dados não estruturados[20].

A modelação por meio de gráficos, basicamente é expressa em um conjunto de vértices, que são conectados através de um conjunto de arestas, que definem o caminho do gráfico. As base de dados grafos tem 3 abstrações principais: NÓ(Vértice), Relacionamento(Arestas) entre Nós , e pares de chave e valor, que pode ser anexado a nós e relacionamentos.

Neo4j versus GraphDb Neo4j foi lançada em 2010 pela empresa Neo Technology [31]. Tem duas versões de licença, uma livre e outra proprietária. Foi implementado em Java[26]. O neo4j é um Sistema Orientado para a transação (OLTP)[17]. O modelo de grafos de propriedades é o modelo usado em neo4j. Tanto o carregamento como as consultas podem ser realizadas em linguagem Kremlin. Mais do que isso o Neo4j possui a linguagem própria (CYPHER), e também tem suporte à SPARQL(SQL for linked data). O armazenamento físico pode ser tanto em memória quanto em disco. O modelo é baseado em um repositório de chave e valor[26]. O neo4j tem um alto desempenho e das bases de dados em grafos, é uma das mais robusta[31].

Tabela 1. Neo4j versus GraphDb

	GraphDB	Neo4j
<i>Licença</i>	Comercial	Open source
<i>Modelo de base de dados Primário</i>	Graph DBMS RDF store	Graph DBMS
<i>WeBSite</i>	graphdb.ontotext.com	neo4j.com
<i>Documentação</i>	graphdb.ontotext.com/documentation	neo4j.com/docs
<i>Desenvolvedor</i>	Ontotext	Neo4j, Inc.
<i>Lançamento inicial</i>	2000	2007
<i>Ultimo lançamento</i>	8.5.0, March 2018	3.5.0, November 2018
<i>Licença</i>	Graph DBMS	Open Source
<i>Linguagem de desenvolvimento</i>	Graph DBMS	Java, Scala
<i>APi e outros métodos de acesso</i>	GeoSPARQL Java API RDF4J API RIO, Sail API Sesame REST HTTP Protocol SPARQL 1.1	Cypher query language Java API Neo4j-OGM RESTful HTTP API Spring Data Neo4j TinkerPop 3

Na Tabela 1¹⁴ mostra uma visão geral de duas das bases de dados em grafos mais populares no mercado. o Neo4j lidera a concorrência em seus modelos de armazenamento e processamento de dados. Diversas bases de dados gráficos suporta a linguagem SPARQL¹⁵ para fazer consultas incluindo Neo4j utilizando o SPARQL(plugin). A linguagem nativa do neo4j é o Cypher.

SPARQL é a consulta padrão para o RDF[26]. SPARQL é baseado na correspondência de padrões gráficos, mas não é orientado para consultar a estrutura do gráfico de dados RDF. A SPARQL tem como principal característica descrever modelos de grafos usados na combinação de conjuntos que sejam triplos (Subject, Predicate, Object). [4].

O Cypher é sem dúvida a linguagem de consulta de gráficos mais fácil de aprender[26]. É uma linguagem de consulta declarativa para gráficos que usam a correspondência de padrões de gráficos, como um mecanismo principal para a seleção dos dados. A natureza declarativa de correspondência de padrões do Cypher, traduz que é possível consultar o gráfico, pormenorizando o que necessita de obter[34].

Há múltiplas formas de executar consultas Cypher. Neo4j tem um par de ferramentas que suportam execuções Cypher, e também pode ser executado a partir de código Java, e tem muita similaridade com o SQL. Pode ser executado através do Neo4j Shell nas ferramentas de linha de comando, Neo4j Web Admin Console com Web-based interface, pode ser em Java através de programação e conectores ou usando interface REST[34].

O padrão usado nas queries do Cypher é o ASCII (American Standard Code for Information Interchange), tem muita similaridade com o SQL. Oferece viabilidade ao desenvolve dor, de criar diversas cláusulas, a título de exemplo podemos realçar: Os filtros (Where), as operações lógicas e aritméticas, as classificações, entre outros[34]. As clausulas essenciais em linguagem cypher são as seguintes: Return, where Match Essa clausula é o coração das maiorias queries do Cypher[34].

3 Sistema proposto

O OntoSTONE, a ontologia, teve como base de conhecimento diversas origens. Ela se encontra na fase de desenvolvimento. Até este momento é constituída pelas quatro (4) classes infra elencadas: A classe petrográfica que descreve a família a que pertence a pedra (I) que contém uma subclasse da família da pedra; a classe de localização (II); classe empresa (III), a classe principal **Pedras** (IV), que contém três (2) subclasses. Uma representa todas as propriedades físicas e mecânicas das pedras (Porosidade aberta, Resistência mecânica à compressão após teste de gelividade, Resistência ao Choque altura mínima de queda e entre outras) e a outra classe que apresenta a análise química, como por exemplo, (Al_2O_3 (Óxido de Alumínio), Fe_2O_3 (Óxido de Ferro), K_2O (Óxido de Potássio), entre outros).

¹⁴ <https://db-engines.com/en/system/GraphDB3BNeo4j>

¹⁵ <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

Para importar a ontologia para o Neo4j, foi usado o plugin neosemantics¹⁶. Este plugin permite definir funções e procedimentos para integrar RDF no neo4j.

Ter Neo4j como base de dados gráfico, tem inúmeras vantagens, entre as quais, destacam-se as seguintes: Facilidade de integração com os demais ambientes de desenvolvimento. A API (Application Programming Interface) de neo4j possibilita a comunicação com outras linguagens, descritas na Tabela 1. O Neo4j contém API de REST (Representational State Transfer), que oferece ao desenvolvedor usar o mesmo como um servidor RESTful independente. Desta forma, permite a transmissão e transação de dados através da via protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol) pelo próprio servidor Neo4j. É de realçar que a API de REST do Neo4j funciona apenas com a JSON (JavaScript Object Notation) para representação e intercâmbio dos dados.

A arquitetura proposta usa neo4j como base de conhecimento. Esta é interrogada pelo Node.js através do neo4j driver. O Express e o EJS fazem a ligação entre o backend e o frontend. O frontend está assente no Bootstrap 4, com alguns apontamentos de JavaScript e Font awesome. As queries são feitas em Cypher, a comunicação entre o Node.js e o neo4j é usando o Neo4j Driver for JavaScript.



Figura 3. Arquitetura do sistema.

A Figura 4 mostra o frontend da plataforma inovStone, dedicada Rocha Ornamental Portuguesa. As ferramentas utilizadas para a construção foram Bootstrap 4¹⁷, JavaScript e Font-awesome¹⁸. A Figura 3 demonstra as ferramentas usadas no Backend, que foram os Node.js¹⁹ com neo4j²⁰.

Bootstrap é uma das estruturas mais populares do mundo para a criação de grids de sites. O Bootstrap é uma ferramenta gratuita para desenvolvimento HTML, CSS e JS. Crie protótipos rapidamente ou aplicações completas com as variáveis e mixins Sass, sistemas de grid responsivo, componentes pré-construídos e poderosos plugins com jQuery.

¹⁶ <https://github.com/jbarrasa/neosemantics>

¹⁷ <https://getbootstrap.com/>

¹⁸ <https://fontawesome.com/>

¹⁹ <https://nodejs.org/>

²⁰ <https://nodejs.org/>

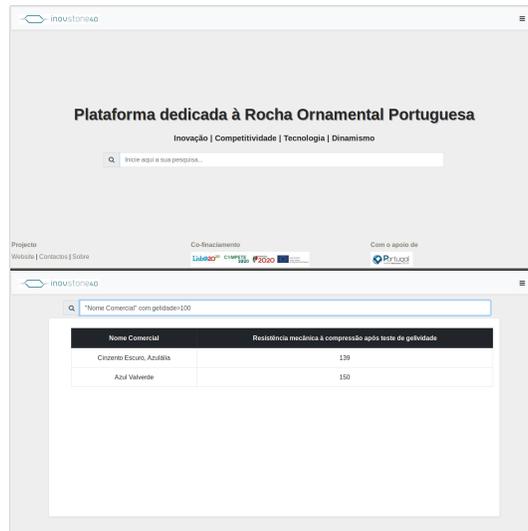


Figura 4. Plataforma InovStone

4 Conclusão crítica e Trabalho Futuro

O Neo4j oferece uma linguagem acessível, simplificada e intuitiva para os grafos. Tem recursos predefinidos para manipulação dos dados durante a expansão dos sub-grafos nas consultas. Devido estas características é das razões pela sua popularidade em detrimento das demais opções de sua categoria.

Como sugestão para trabalhos futuros, destaca-se, a inserção da Língua Natural^{21 22} na plataforma dedicado à Rocha Ornamental Portuguesa. A língua natural será uma mais valia para a plataforma, que vai dar suporte para a indústria AEC.

Pretende-se que esta plataforma traga valor acrescentado ao sector. Pesquisas em língua natural, sobre uma base de conhecimento ágil, irão permitir que os departamentos de marketing, investigação e aconselhamento técnico se preparem para a nova realidade do sector.

Referências

- [1] A. Aksamija and F. Grobler. Architectural ontology: Development of machine-readable representations for building design drivers. pages 168–175, 07 2007.
- [2] M. Almeida and M. Bax. Uma visão geral sobre ontologias: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção. *Ciência da Informação, Brasília*, 32(3):7–20, 2003.

²¹ <https://github.com/NaturalNode/natural>

²² <https://www.npm.js.com/package/natural>

- [3] L. Andrade and R. Ruschel. Application interoperability bim used in architecture through the format if. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, 4:37, 12 2009.
- [4] R. Angles. A comparison of current graph database models. In *Data Engineering Workshops (ICDEW), 2012 IEEE 28th International Conference on*, pages 171–177. IEEE, 2012.
- [5] V. Bazjanac and D. Crawley. The implementation of industry foundation classes in simulation tools for the building industry. volume I, pages 203–210. *Building Simulation*, 09 1997.
- [6] J. Beetz, J. van Leeuwen, and B. de Vries. Ifcowl: A case of transforming express schemas into ontologies. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 23(1):89–101, 2009.
- [7] S. Brunnermeier and S. Martin. Interoperability cost analysis of the us automotive supply chain, 1999.
- [8] Gene Ontology Consortium. Gene ontology (go)., 2003. Disponível em: <http://www.geneontology.org/>. Acedido em 2019-01-05.
- [9] F. Corrêa and E. Santos. Ontologias na construção civil: Uma alternativa para o problema de interoperabilidade com o uso do ifc. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, 9(2):7–22, Dez 2014.
- [10] K. Dispenza. The daily life of building information modeling (bim), 2010. Disponível em: <http://buildipedia.com/aec-pros/design-news/the-daily-life-of-building-information-modeling-bim>. Acedido pela última vez em 2019-01-04.
- [11] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston. *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons, 2011.
- [12] T. Gruber. What is an ontology. *WWW Site* <http://www-ksl.stanford.edu/kst/whatis-an-ontology.html>, 1993.
- [13] Building SMART IFC4. Ifc4 oficial release, 2013. Disponível em: <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/final/html/index.htm>. Acedido pela última vez em 2019-01-05.
- [14] Inovstone. Inovstone 4.0 – tecnologias avançadas e software para a pedra natural, 2017. Disponível em: <http://www.inovstone.pt/>. Acedido pela última vez em : 2019-01-04.
- [15] D. Koepsell. *The ontology of cyberspace: Philosophy, law, and the future of intellectual property*. Open Court Publishing, 2000.
- [16] E. Leite. Vibethemes. bim e suas dimensões, 2018. Disponível em: <http://cadbimoz.com/bim-e-suas-dimensoes/>. Acedido em 2019-01-07.
- [17] A. Lopes. Aplicação de técnicas de business intelligence a base de dados prosopográficas. Master’s thesis, Universidade de Évora, 2017.
- [18] A. Lopes and C. Caldeira. Aplicação de técnicas de business intelligence a base de dados prosopográficas. *15th International Conference On Information Systems e Technology Management- CONTECSI*, 2018.
- [19] B. McAuley, A. Hore, and R. West. Bicp global bim study - lessons for ireland’s bim. 2017.
- [20] ABM Moniruzzaman and Syed Akhter Hossain. Nosql database: New era of databases for big data analytics-classification, characteristics and comparison. *arXiv preprint arXiv:1307.0191*, 2013.
- [21] A. Morais, E.and Ambrósio. Ontologias: conceitos, usos, tipos, metodologias, ferramentas e linguagens. *Relatório Técnico-RT-INF-001/07, dez*, 2007.
- [22] M. Narciso. Contributo para a normalização bim em portugal(proposta de adenda de apoio à contratação). Master’s thesis, Universidade Técnico de Lisboa, 2016.

- [23] M. Nour and K. Beucke. An open platform for processing ifc model versions. *Tsinghua Science and Technology*, 13(S1):126–131, Oct 2008.
- [24] FN. Noy and D. Guinness. *Ontology development 101: a guide to create your first ontology*. 2001, 2002.
- [25] J. Plume and J. Mitchell. Collaborative design using a shared ifc building model—learning from experience. *Automation in Construction*, 16(1):28 – 36, 2007. CAAD Futures, 2005.
- [26] I. Robinson, J. Webber, and E. Eifrem. *Graph databases: new opportunities for connected data*. "O'Reilly Media, Inc.", 2015.
- [27] H. Schevers and R. Drogemuller. Converting the industry foundation classes to the web ontology language. In *2005 First International Conference on Semantics, Knowledge and Grid*, pages 73–73, Nov 2005.
- [28] A. Silva. Produção colaborativa inovstone 4.0 em contexto de procurement bim na indústria de construção, 2016. International Conference of Nature Stone. Congress Center os Alfandega de Porto. ANIET. Disponível em: http://www.aniet.pt/fotos/editor2/anietalfandega-08-10-2016-agostinho_da_silva2.pdf/. Acedido em 2018-09-10.
- [29] Building SMART. Ifc4 documentation, s.d. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/about/what-is-openbim/ifc-introduction/>. Acedido pela última vez em 2019-01-03.
- [30] D. Smith and M. Tardif. *Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers*. ISBN: 978-0-470-25003-7, 2009.
- [31] C. Tauro, S. Aravindh, and A. Shreeharsha. Comparative study of the new generation, agile, scalable, high performance nosql databases. *International Journal of Computer Applications*, 48(20):1–4, 2012.
- [32] M. Venâncio. Avaliação da implementação de bim - building information modeling em portugal. Master's thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, 2015.
- [33] B: Vickery. Ontologies. *Journal of Information Science*, 23(4):277–286, 1997.
- [34] A. Vukotic, N. Watt, T. Abedrabbo, and J. Fox, D.and Partner. *Neo4j in action*. Manning Publications Co., 2014.
- [35] NW. Young, SA. Jones, B. Harveyand, and J. Gudg. *The Business Value of BIM-Getting Building Information Modeling to the Bottom Line*. Bedford,MA:McGraw-Hill Construction no. 51., 2009.