

Ramon Ahnert Azeredo

Detecção e correção de inconsistências em mapas conceituais

Brasil

2018, Setembro

Ramon Ahnert Azeredo

Detecção e correção de inconsistências em mapas conceituais

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Informática.

Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

Programa de Pós-Graduação em Informática

Orientador: Davidson Cury

Coorientador: Camila Zacche de Aguiar e Tânia Barbosa Salles Gava

Brasil

2018, Setembro

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Tecnológica,
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

A993d Azeredo, Ramon Ahnert, 1988-
Detecção e correção de inconsistências em mapas
conceituais / Ramon Ahnert Azeredo. – 2018.
70 f. : il.

Orientador: Davidson Cury.

Coorientador: Camila Zacche de Aguiar e Tânia Barbosa
Salles Gava

Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Processamento de linguagem natural (Computação).
2. Recuperação da informação. 3. Inconsistência – Detecção.
4. Inconsistência – Correção. 5. Mapas conceituais. I. Cury,
Davidson. II. Aguiar, Camila Zacche de. III. Gava, Tânia Barbosa
Salles. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro
Tecnológico. V. Título.

CDU: 004

Ramon Ahnert Azeredo

Detecção e correção de inconsistências em mapas conceituais

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Informática.

Trabalho aprovado. Brasil, 18 de setembro de 2018:

Prof. Dr. Davidson Cury
PPGI-UFES

Prof. Dr. José Francisco de Magalhães Netto
UFAM

Prof. Dr. Crediné Silva de Menezes
PPGI-UFES

Brasil
2018, Setembro

*Este trabalho é dedicado ao meu pai, Valmir (in memoriam), a minha mãe, Néia,
a minha irmã, Bárbara, e a minha esposa, Letícia.*

Agradecimentos

Presto meus agradecimentos especiais ao meu orientador Dr. Davidson Cury (Dede). Obrigado pela oportunidade e de contribuir tanto para a minha maturidade científica. Tenho certeza que tudo que foi feito nesse período vai ecoar por muitos anos na minha vida.

Agradeço a toda a minha família. Em especial ao meus pais, Valmir e Néia, por todo suporte e amor, e a minha irmã, Bárbara.

Agradeço a minha esposa Letícia pelo companheirismo e ótimos momentos vividos juntos. Com certeza a minha vida é mais completa com você.

Agradeço aos meus amigos Guaraci, Steve e Janaína. Apesar da distância, sempre penso em vocês.

Agradeço aos amigos que fiz durante o mestrado em especial Camila, Marcos e Wagner. Vocês contribuíram tanto para o trabalho que desenvolvi quanto para tornar essa jornada mais agradável. Muito obrigado!

Agradeço a todos que contribuíram para a construção das ferramentas de Software Livre e Open Source que utilizei para a realização deste trabalho. Desde o sistema operacional até uma simples biblioteca. Ferramentas de qualidade e ao alcance de todos.

Por fim, agradeço a Deus, por tornar tudo isso possível.

*“Seja humilde, e permanecerás íntegro,
Curva-te, e permanecerás ereto,
Esvazia-te, e permanecerás repleto,
Gasta-te, e permanecerás novo.
O sábio não se exhibe, e por isso brilha.
Ele não se faz notar, e por isso é notado.
Ele não se elogia, e por isso tem mérito.
E, porque não está competindo,
Ninguém no mundo pode competir com ele.
(Lao Tsé)*

Resumo

Os mapas conceituais são ferramentas gráficas para organização e representação do conhecimento que ocupam uma posição de destaque no ambiente educacional. Em razão disso, ferramentas foram construídas para apoiar, facilitar e estender o seu uso. Neste trabalho, objetiva-se desenvolver uma ferramenta computacional capaz de identificar inconsistências presentes em mapas conceituais e sugerir correções. Para tanto, foi feita uma revisão bibliográfica com o objetivo de identificar as principais inconsistências presentes em mapas conceituais, formalizando em um catálogo. A partir do catálogo elaborado e diante do desafio de construir mapas conceituais consistentes, este trabalho apresenta uma arquitetura tecnológica, implementada como ferramenta e serviço *web*, para a identificação e correção de tais inconsistências. Os resultados dos experimentos realizados apontaram que as inconsistências mais frequentes estão relacionadas com o uso da frase de ligação, que possui a missão de clarear o tipo de relação existente entre os conceitos de forma simples e objetiva. Além disso, foi possível medir a precisão das funcionalidades da ferramenta. Assim, essa pesquisa sugeriu, também, que a utilização da ferramenta proposta possibilita que mapas sejam construídos seguindo um mínimo de formalismo tornando-os mais fáceis de serem interpretados.

Palavras-chave: Mapa Conceitual. Processamento de Linguagem Natural. Recuperação de Informação. Detecção de Inconsistências. Correção de Inconsistências.

Abstract

The Concept maps are graphic tools for knowledge organization and representation that has special place in educational environments. Therefore, tools has built to support, make easy and extend the use of concept maps. In this work, the purpose is build a tool to recognition of erros in concept maps and to suggest fixes. For that, a literature review has made with the purpose of show the mains related concepts about concept maps. After that, concept maps from different groups was collected to identification of main erros. After these two phases, the conceptual model of tool is showed and built to execute experiments. The results showed that most frequent errors are about linking phrases. Futhermore, the precision of tool features could be measured. Thus, this work also suggest that the use of proposed tool support the construction of maps with a minimal formalism and make more easily to be interpreted.

Keywords: Concept Map. Natural Language Processing. Information Retrieval. Errors Recognition. Errors Correction.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Mapa Conceitual que procura responder a questão focal “Qual é a estrutura do Universo?”. Adaptado de Novak (2006)	28
Figura 2 – Exemplo de proposição	30
Figura 3 – Diagrama de Causa e Efeito	33
Figura 4 – Utilização da técnica <i>web scraping</i> na extração de um conjunto de sinônimos de uma página <i>Web</i>	36
Figura 5 – Conceito ausente	41
Figura 6 – Conceito inadequado	42
Figura 7 – Ausência da frase de ligação	42
Figura 8 – Frase de ligação sem verbo	43
Figura 9 – Erro de concordância	44
Figura 10 – Conceito repetido	45
Figura 11 – Conceito sinônimo	46
Figura 12 – Modelo arquitetural da ferramenta proposta	50
Figura 13 – Mapa conceitual no formato CXL	51
Figura 14 – Diagrama de sequência	52
Figura 15 – Saída da ferramenta no formato JSON	54
Figura 16 – Inconsistências encontradas nos mapas conceituais produzidos por alunos da 6 ^a série	56
Figura 17 – Inconsistências encontradas nos mapas conceituais produzidos por alunos de graduação em química	57
Figura 18 – Inconsistências encontradas nos mapas conceituais produzidos por alunos de graduação da disciplina “Ciências da Natureza: Ciência, Cultura e Sociedade”	58
Figura 19 – Inconsistências encontradas nos mapas conceituais produzidos por alunos de pós-graduação	59
Figura 20 – Arquitetura do CMPaaS. Fonte: (PERIN, 2014)	60
Figura 21 – Visão da integração entre o editor de mapas e o serviço de detecção e correção de inconsistências	62
Figura 22 – Interface do editor de mapas e a lista de inconsistências	62
Figura 23 – Conceito repetido destacado no editor de mapas	63
Figura 24 – O autor pode aceitar a correção sugerida por meio do botão “Corrigir”	63
Figura 25 – Mapa depois de ter o conceito repetido removido	64

Lista de tabelas

Tabela 1 – Inconsistências identificadas nos mapas dos estudantes da 6ª série (7º ano)	38
Tabela 2 – Inconsistências identificadas nos mapas dos estudantes de química . . .	38
Tabela 3 – Inconsistências identificadas nos mapas de estudantes de graduação . .	39
Tabela 4 – Inconsistências identificadas nos mapas de estudantes de pós-graduação	39
Tabela 5 – Mapas analisados pela ferramenta	55
Tabela 6 – Inconsistências encontradas pelo algoritmo	57

Lista de abreviaturas e siglas

MC	Mapa Conceitual
PLN	Processamento de Linguagem Natural
CXL	Concept Mapping Extensible Language
NLTK	Natural Language Toolkit
POS	Part-Of-Speech
API	Application Programming Interface
IHMC	Institute for Human & Machine Cognition
CMPaaS	Concept Maps Platform as a Service

Sumário

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	Contextualização	23
1.2	Problema e motivação	24
1.3	Objetivo	24
1.4	Questões norteadoras	25
1.5	Método de pesquisa	25
1.6	Produção Científica	25
1.7	Estrutura da Dissertação	26
2	REFERENCIAL TEÓRICO	27
2.1	Mapas conceituais	27
2.1.1	Origem	27
2.1.2	Elementos do mapa conceitual	29
2.1.3	O processo de construção	30
2.1.4	Ferramentas que apoiam o uso de mapas	31
2.1.5	Principais dificuldades na construção	32
2.2	Processamento de Linguagem Natural	34
2.3	<i>Web Scraping</i>	35
3	CATÁLOGO DE INCONSISTÊNCIAS EM MAPAS CONCEITUAIS	37
3.0.1	Pesquisa exploratória sobre inconsistências em mapas conceituais	37
3.0.2	Inconsistências	40
3.0.2.1	Conceito ausente	40
3.0.2.2	Conceito inadequado	41
3.0.2.3	Frase de ligação ausente	41
3.0.2.4	Frase de ligação sem verbo	43
3.0.2.5	Erro nas relações entre as palavras	43
3.0.2.6	Conceito repetido	44
4	TRABALHOS CORRELATOS	47
5	FERRAMENTA PROPOSTA	49
5.1	Levantamento de requisitos	49
5.2	Modelo arquitetural	49
5.2.1	Camada de tratamento da entrada	51
5.2.2	Camada de detecção e correção de inconsistências	52

5.2.2.1	Detector de Inconsistências	52
5.2.2.2	Corretor de Inconsistências	53
5.2.3	Camada de apresentação da saída	54
6	EXPERIMENTOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS	55
6.1	Integrando a ferramenta com o CMPaaS	60
6.1.1	O projeto CMPaaS	60
6.1.2	Detecção e correção de inconsistências: um novo serviço para o CMPaaS	61
7	CONCLUSÃO	65
7.1	Trabalhos futuros	65
	REFERÊNCIAS	67

1 Introdução

Este capítulo tem por objetivo contextualizar o leitor sobre a pesquisa, apresentar o problema investigado, os objetivos, o método de pesquisa e como o trabalho está estruturado.

1.1 Contextualização

Os Mapas Conceituais são ferramentas gráficas para organização e representação do conhecimento que ocupam uma posição de destaque quando o professor deseja acompanhar a aprendizagem de cada aluno no decorrer de uma disciplina. Pois a ferramenta tem um rico potencial de expressão e permite ao autor representar seu conhecimento com alta flexibilidade utilizando apenas conceitos ligados por linhas e sobre essas linhas encontram-se frases de ligação que especificam a relação entre os conceitos conectados.

Entretanto devido a aparente facilidade na técnica de mapeamento conceitual, é comum que sua utilização em sala de aula, por exemplo, não seja acompanhada de um ensino adequado. Como consequência, aprendizes enfrentam uma grande carga cognitiva nos primeiros momentos de uso, produzem mapas sem seguir um mínimo de formalismo e com inconsistências que nem sempre conseguem representar com acurácia o seu conhecimento. Tal situação pode frustrar e desestimular o aprendiz a construir mapas. O professor também pode se sentir frustrado diante disso por não alcançar os benefícios apresentados pela ferramenta e abandonar o seu uso.

A literatura também aponta que a dificuldade na construção e utilização dos mapas conceituais surge devido ao uso inapropriado da técnica, desconsideração da importância da fundamentação teórica e anos de aprendizado mecânico. Além disso, a falta de entendimento teórico e prática do professor também dificulta o seu uso.

Apesar de iniciativas recentes desenvolverem ferramentas computacionais para facilitar os trabalhos envolvendo o uso de mapas tais como mesclagem (VASSOLER; PERIN; CURY, 2014), comparação (LAMAS et al., 2005) e recuperação de informação (PERIN et al., 2013), apenas algumas ferramentas (CAÑAS et al., 2004; CANAS et al., 2001; REICHERZER et al., 1998) atuam (ainda que de forma simples) para apoiar o usuário no processo de construção do mapa.

Assim, esta dissertação apresenta uma ferramenta computacional que identifica e sugere correções para inconsistências presentes em mapas conceituais utilizando principalmente técnicas de Processamento de Linguagem Natural (PLN). A ferramenta pode ser utilizada para acompanhar o processo de construção de mapas conceituais e minimizar

a ocorrência de inconsistências pelo autor. Além disso, é possível fazer integração com ferramentas que necessitam fazer um pré-processamento do mapa antes de utilizá-lo.

1.2 Problema e motivação

Mapas conceituais têm sido utilizados como ferramenta por professores para verificar o entendimento conceitual dos aprendizes, observar as mudanças na estrutura cognitiva e identificar conceitos e significados assimilados. Esse tipo de verificação permite que intervenções mais adequadas e mudanças na estratégia pedagógica possam ser feitas. Promovendo, dessa forma, uma melhor experiência no processo de ensino-aprendizagem.

Entretanto mapas produzidos principalmente por novatos no mapeamento conceitual podem apresentar inconsistências que dificultam sua análise e interpretação por outra pessoa e por ferramentas computacionais que utilizam os mapas conceituais como base de conhecimento.

Como já identificado em outras pesquisas, podemos classificar mapas conceituais de dois estilos: científico e educacional (AGUIAR, 2017). Mapas do estilo científico contêm apenas conceitos e as frases de ligação sempre possuem um verbo. São utilizados com um propósito específico, tais como avaliação e apoio a aprendizagem em contextos da engenharia do conhecimento. Já os mapas do estilo educacional tais “regras” não são importantes e normalmente são construídos por crianças para representar o que elas sabem sobre alguma coisa.

Estamos interessados em apoiar o processo de construção de mapas conceituais de estilo científico. Assim, a motivação dessa pesquisa é o desenvolvimento de uma ferramenta computacional para apoiar o autor durante a construção do mapa conceitual para que represente o conhecimento de forma significativa e revele apenas as dificuldades no conhecimento conceitual e não na elaboração do mapa. Com isso, melhorar a experiência tanto do docente quanto dos aprendizes ao utilizar o mapa conceitual em sala de aula.

1.3 Objetivo

O objetivo geral desta pesquisa é desenvolver uma ferramenta computacional capaz de identificar inconsistências presentes em um mapa conceitual e sugerir correções.

Para tanto, serão considerados os seguintes objetivos específicos:

- Identificar as principais inconsistências presentes em mapas conceituais
- Definir uma arquitetura conceitual para um sistema de identificação e correção de inconsistências em mapas conceituais

- Construir e avaliar um protótipo funcional

1.4 Questões norteadoras

As seguintes questões foram investigadas nesta pesquisa:

- É possível criar uma ferramenta computacional capaz de detectar as inconsistências em um mapa conceitual?
- Após identificadas as inconsistências é possível corrigi-las automaticamente?
- Quais os benefícios o docente pode obter ao utilizar essa ferramenta?

1.5 Método de pesquisa

Inicialmente, foi feita uma revisão bibliográfica em artigos, dissertações, teses e livros com o objetivo de apresentar os principais conceitos relacionados aos mapas conceituais. Essa revisão colaborou com a construção do referencial teórico.

Em seguida, foi realizada uma pesquisa em artigos, dissertações e teses para coletar problemas relatados em mapas conceituais a partir de diferentes visões. O objetivo dessa coleta foi identificar as principais inconsistências presentes nos mapas conceituais.

Após essas duas fases, a arquitetura da ferramenta é proposta com base nas principais inconsistências encontradas nos mapas conceituais analisados. A ferramenta proposta é implementada para realizar um conjunto de experimentos. Por fim, foi feito um estudo de caso para verificar a integração da ferramenta com um aplicativo *Web*.

1.6 Produção Científica

Os seguintes artigos foram produtos desta pesquisa:

1. Azeredo, Ramon A.; Aguiar, Camila Z.; Pering, Wagner A.; Cury, Davidson; Lovati, Marcos P. D.; **Detecting synonyms in concept map as support for learning assessment**. In: Twelfth Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO), 2017.
2. Lovati, Marcos P. D.; Cury, Davidson; Aguiar, Camila Z.; Azeredo, Ramon A.; **Clusterizando mapas conceituais para identificar desempenho cognitivo em grupos**. In: Brazilian Symposium on Computers in Education, 2017.

3. Azeredo, Ramon A.; Aguiar, Camila Z.; Cury, Davidson; Lovati, Marcos P. D.; Pering, Wagner A. **Uma Abordagem para Detecção Automática de Sinônimos em Mapas Conceituais**. In: Anais do Computer on the Beach, 2018.

1.7 Estrutura da Dissertação

Os capítulos desta dissertação estão estruturados da seguinte maneira:

- Capítulo 1 - Introdução: apresenta a contextualização, o problema e a motivação, os objetivos almejados, o método de pesquisa e como o trabalho está estruturado.
- Capítulo 2 - Referencial teórico: apresenta os principais conceitos relacionados aos mapas conceituais, destacando as principais dificuldades enfrentadas pelos autores ao utilizar a ferramenta.
- Capítulo 3 - Apresenta um catálogo de inconsistências sobre mapas conceituais definido a partir de uma pesquisa exploratória.
- Capítulo 4 - Trabalhos correlatos: apresenta os principais trabalhos relacionados ao tema da pesquisa.
- Capítulo 5 - Ferramenta proposta: apresenta a ferramenta proposta explicitando o levantamento de requisitos feito e o modelo arquitetural.
- Capítulo 6 - Experimentos e análise dos resultados: apresenta um conjunto de experimentos realizados e lista os resultados obtidos. Além de apresentar uma integração com outra ferramenta.
- Capítulo 7 - Conclusão: apresenta as conclusões do trabalho, contribuições alcançadas e algumas propostas de trabalhos futuros.

2 Referencial teórico

O objetivo deste capítulo é falar sobre a origem, os elementos do mapa conceitual, ferramentas construídas para apoiar o uso de mapas, o processo de construção e as principais dificuldades encontradas nesse processo.

2.1 Mapas conceituais

O mapa conceitual é uma ferramenta que procura refletir a organização conceitual de uma pessoa ou grupo de pessoas sobre um domínio específico (NOVAK, 2006). Trata-se de uma representação gráfica bidimensional que indica relações entre um conjunto de conceitos normalmente organizados de forma hierárquica (PÉREZ; VIEIRA, 2005). Assim, um mapa conceitual é uma rede de nós, representando os conceitos e suas relações em um dado domínio com o objetivo de organizar e representar o conhecimento. É possível observar na Figura 1, um mapa conceitual (NOVAK, 2006) que objetiva responder a pergunta focal “Qual é a estrutura do Universo?”.

2.1.1 Origem

Os mapas conceituais surgiram no programa de pesquisa de Joseph D. Novak devido a necessidade de representar melhor o entendimento conceitual de crianças ao aprenderem ciências e poder observar mudanças na sua estrutura cognitiva.

Inicialmente os aprendizes eram entrevistados e, depois, as entrevistas eram transcritas para que fosse possível observar quais proposições eram usadas pelos aprendizes e como suas estruturas cognitivas eram alteradas. Entretanto com essa abordagem era difícil perceber mudanças na estrutura cognitiva dos aprendizes (NOVAK; CAÑAS, 2006).

Diante dessa dificuldade, o grupo de pesquisa de Joseph D. Novak recorreu a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e se fundamentou em três ideias principais. Primeiro, novos significados se desenvolvem a partir de conceitos prévios. Segundo, a estrutura cognitiva é organizada hierarquicamente partindo dos conceitos mais gerais para os conceitos mais específicos. Terceiro, quando a aprendizagem significativa ocorre, relações entre conceitos se tornam mais explícitas, mais precisas e melhor integradas com outros conceitos (NOVAK; CAÑAS, 2006).

Assim, as entrevistas transcritas passaram a ser representadas como uma estrutura hierárquica de conceitos e relações entre conceitos. Com isso, surgiu uma nova ferramenta chamada de mapa conceitual. O grupo de pesquisa logo percebeu que uma entrevista transcrita era facilmente convertida em um mapa conceitual e que os conceitos e relações

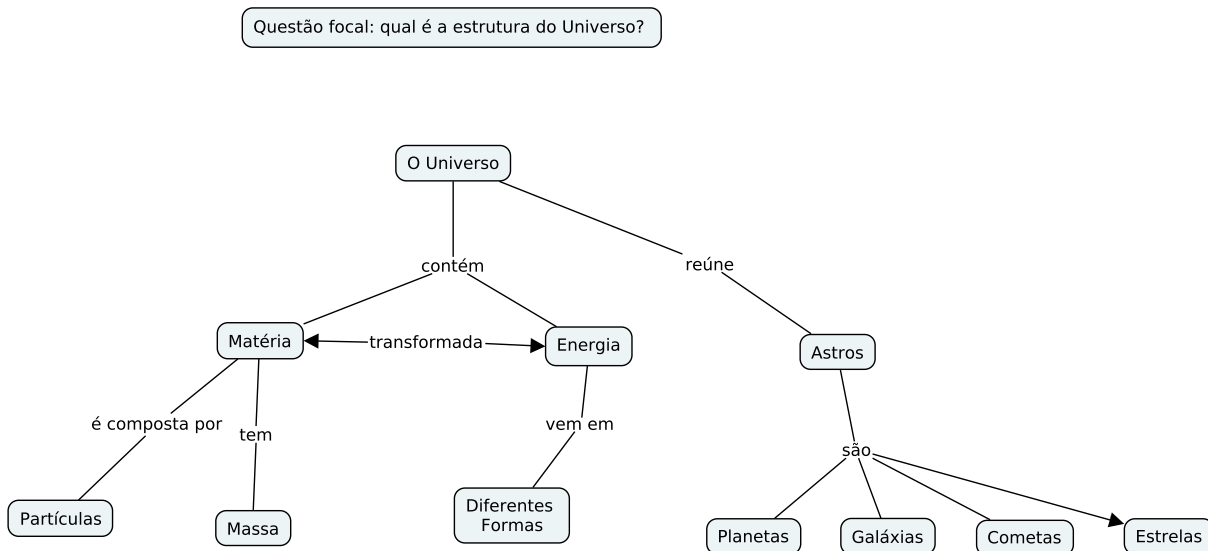


Figura 1 – Mapa Conceitual que procura responder a questão focal “Qual é a estrutura do Universo?”. Adaptado de Novak (2006)

essenciais não eram perdidos. O mapa conceitual se mostrou uma ferramenta poderosa e concisa para representação do conhecimento (NOVAK; CAÑAS, 2006).

O mapa conceitual se mostrou também uma ferramenta flexível e passou a ser utilizada não apenas para identificar os conhecimentos prévios do autor do mapa, mas, também, em outras situações no contexto educacional: recurso de aprendizagem (TOMITA, 2009; JUNIOR, 2012), instrumento de avaliação (CONCEIÇÃO, 2016), elaboração de currículos (TAVARES; LUNA, 2003), entre outras coisas.

Além disso, ferramentas computacionais surgiram para facilitar os trabalhos envolvendo o uso de mapas conceituais nas etapas de construção, monitoramento e avaliação. Algumas destas ferramentas de apoio vão além e utilizam técnicas de Inteligência Artificial (IA) e Processamento de Linguagem Natural (PLN) para realizar atividades complexas, tais como: construção (AGUIAR; CURY, 2016), mesclagem (VASSOLER; PERIN; CURY, 2014), comparação (LAMAS et al., 2005) e recuperação de informações (PERIN et al., 2013).

2.1.2 Elementos do mapa conceitual

A construção de mapas conceituais envolve basicamente dois elementos: os conceitos e as frases de ligação.

Os conceitos normalmente aparecem dentro de círculos ou quadros (SOUZA; BORUCHOVITCH, 2010) representando uma série de objetos, eventos ou situações que possuem atributos comuns (PÉREZ; VIEIRA, 2005). Na maioria das vezes o rótulo utilizado para designar um conceito é uma palavra, mas em alguns casos pode ser mais de uma palavra e até mesmo o uso de símbolos como + ou % (NOVAK, 2006). No mapa os conceitos são representados de forma hierárquica, isto é, os mais inclusivos e gerais ficam no topo e os mais específicos e menos gerais dispostos hierarquicamente abaixo (NOVAK, 2006).

Já as frases de ligação são especificadas sobre as setas direcionadas que unem os conceitos (SOUZA; BORUCHOVITCH, 2010). Possui a missão de clarear o tipo de relação existente entre os conceitos de forma simples e objetiva (SOUZA; BORUCHOVITCH, 2010). Ou seja, evidencia o porquê de um relacionamento entre conceitos, dão significado ao vínculo (PÉREZ; VIEIRA, 2005). Por essa razão, a escolha das frases de ligação requer um maior esforço cognitivo por parte do autor.

MACHION (2007) nos fornece uma representação formal para os mapas conceituais utilizando o conceito de grafos:

Sejam C um conjunto de conceitos e R um conjunto de relacionamentos entre esses conceitos; um mapa conceitual M pode ser definido como um par ordenado $M = (C, R)$ em que os elementos de C são chamados de vértices e os de R , arestas. Para o caso em que o mapa conceitual possuir setas, cada aresta de R é um par ordenado de vértices de C , caso contrário, cada aresta é um par não-ordenado (MACHION, 2007, p. 44)

Quando dois ou mais conceitos são conectados por meio de frases de ligação, surge um novo elemento chamado de proposição (SOUZA; BORUCHOVITCH, 2010) tal como na Figura 2. Por vezes, é chamado também de unidade semântica ou unidade de sentido (NOVAK, 2006). A proposição possui a seguinte estrutura conceito A – frase de ligação \rightarrow Conceito B e deve carregar uma mensagem semanticamente clara (CONCEIÇÃO, 2016) e fazer sentido quando lida separadamente (CAÑAS; CARVALHO, 2005). Trata-se de uma enunciação sobre um objeto ou evento no universo (NOVAK, 2006). É na proposição que reside o maior valor de um mapa conceitual (PÉREZ; VIEIRA, 2005) pois é altamente reveladora sobre as conexões estabelecidas na estrutura cognitiva do autor.

Novak (2006) faz uma analogia interessante sobre conceitos e proposições:

Podemos usar a analogia de que os conceitos são como os átomos da matéria e as proposições são como moléculas da matéria. Existem apenas

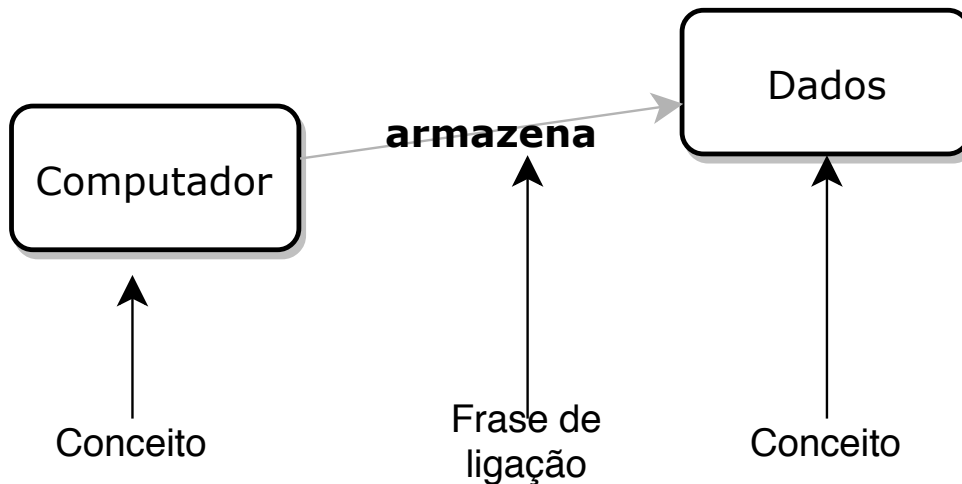


Figura 2 – Exemplo de proposição

cerca de 100 tipos de átomos e eles formam um número infinito de tipos diferentes de moléculas. Existem atualmente 460.000 palavras na língua inglesa (sendo a maior parte delas rótulos de conceitos) e elas podem ser combinadas para formar um número infinito de proposições. Embora muitas combinações de palavras possam não ter sentido, ainda temos a possibilidade de criar um número infinito de proposições válidas e significativas (NOVAK, 2006, p. 7)

Todo mapa conceitual responde uma pergunta que é denominada “pergunta focal”. O mapa da Figura 1, por exemplo, procura responder a pergunta focal “Qual é a estrutura do Universo?”. A pergunta focal é preferencialmente definida antes da construção do mapa e serve como um direcionador na escolha dos conceitos que serão utilizados no mapa.

2.1.3 O processo de construção

Novak (2006) nos diz que antes de construirmos o mapa conceitual é preciso definir um contexto e uma boa forma de fazer isso é definir uma pergunta focal. Isso evita a elaboração de um mapa muito geral ou com um elevado número de conceitos (CICUTO et al., 2013). Apesar de não ser obrigatória, a ausência da pergunta focal tem impactos na qualidade do mapa construído (AGUIAR; CORREIA, 2013; CAÑAS; NOVAK; REISKA, 2012; CAÑAS; NOVAK, 2006).

Depois de identificar um contexto e definir uma pergunta focal, o autor precisa identificar os conceitos-chave. Estes conceitos são colocados em uma lista que começa do conceito mais geral até o conceito mais específico. Trata-se de um *ranking* preliminar. Essa lista de conceitos é chamada de estacionamento (NOVAK, 2006) e os conceitos são colocados no mapa conceitual a medida que este é construído. É importante destacar que nem todos os conceitos listados precisam ser colocados no mapa.

Feita a lista de conceitos-chave, o autor constrói um mapa conceitual preliminar.

Finalizado o mapa conceitual preliminar, o autor precisa revisá-lo. Isso envolve reposicionar, excluir e adicionar novos conceitos para representar melhor a estrutura geral do mapa conceitual. Novak (2006) afirma que “um mapa conceitual nunca está finalizado” e o autor precisa revisá-lo sempre que necessário.

Como foi dito na Seção 2.1, os MCs representam o conhecimento de uma pessoa sobre um determinado assunto dentro de um contexto. Em razão disso, mapas de um mesmo tópico, mas construídos por diferentes pessoas são necessariamente diferentes, já que cada mapa representa o conhecimento pessoal do seu autor (CAÑAS; CARVALHO, 2005).

2.1.4 Ferramentas que apoiam o uso de mapas

Iniciativas recentes desenvolveram ferramentas computacionais para facilitar os trabalhos envolvendo o uso de mapas conceituais nas etapas de construção, monitoramento e avaliação. Nesse tópico, algumas ferramentas são apresentadas.

O CMapTools é uma ferramenta que facilita a construção de mapas conceituais da mesma forma que um processador de texto facilita a tarefa de escrever um texto (CAÑAS et al., 2004). Além de auxiliar na construção, a ferramenta possui funcionalidades que auxiliam a navegação, colaboração e compartilhamento de mapas conceituais. Entretanto, segundo Perin (2014), a ferramenta não oferece “recursos que sejam notadamente portadores de Inteligência Artificial”.

O Merge Maps é uma ferramenta de mesclagem de mapas conceituais que permite aos docentes avaliar de forma coletiva o conhecimento médio de um dado domínio para uma turma (VASSOLER, 2014). O processo de mesclagem envolve a comparação direta de conceitos e frases de ligação. O autor destaca que no caso dos conceitos é feita uma verificação de sinônimos, desde que estejam na língua inglesa.

O iMap é um sistema de perguntas e resposta que promove a interação com mapas conceituais por meio de perguntas e respostas em linguagem natural (PERIN, 2014). O objetivo dessa ferramenta é facilitar a extração de informações dos mapas conceituais sem que seja necessário fazer o mapeamento visual dos conceitos e relações. A ferramenta foi construída utilizando programação lógica (Prolog) para realizar inferências e técnicas de PLN para identificar a pergunta feita em linguagem natural.

O OntoMap é uma ferramenta para realizar a transformação de um mapa conceitual em uma ontologia OWL (Ontology Web Language) sem que seja necessário a presença de peritos em engenharia do conhecimento durante o processo (PINOTTE, 2016). Para que essa transformação seja feita a ferramenta faz um mapeamento dos conceitos do mapa em elementos da linguagem OWL.

O CMBuilders é uma ferramenta para construção automática de mapas conceituais

como sumarização de textos científicos em português ou inglês. O objetivo da ferramenta com um mapa conceitual sumarizado é diminuir a complexidade e o tempo necessário para um aprendiz assimilar o conteúdo presente no texto (AGUIAR, 2017). A ferramenta utiliza um tesouro para armazenar informações sobre os domínios, banco de dados léxico da língua inglesa e técnicas de PLN. Entretanto o mapa gerado pela ferramenta não verifica se o mapa segue um mínimo de formalidade.

Lovati et al. (2017) desenvolveu uma ferramenta de clusterização de mapas conceituais com o objetivo de auxiliar o professor na tarefa de organizar aprendizes em grupos com base no desempenho cognitivo. A ferramenta faz uso de técnicas de PLN para preparar o conteúdo extraído dos mapas para que sejam processados pelo algoritmo de clusterização K-Means. O autor destaca que os resultados da ferramenta dependem fortemente da qualidade estrutural dos mapas e que os aprendizes já tenham familiaridade com o mapeamento conceitual a fim de que consigam construí-los corretamente.

Gaspar, Aguiar e Cury (2017) propõe um método para geração assistida de mapas conceituais de referência a partir de um texto com o objetivo de auxiliar o professor na utilização de mapas conceituais. A ferramenta não faz uma verificação automática depois que o mapa é gerado, mas o autor reconhece que é preciso identificar a existência de conceitos sinônimos e validar a completude das frases de ligação.

Nota-se que a qualidade dos mapas conceituais é um fator primordial para que a maioria delas possam gerar respostas mais adequadas, precisas e com menos redundâncias. Entretanto elas não atuam no momento da construção do mapa para que essa qualidade seja alcançada. Isto é, trabalham com uma versão finalizada do mapa conceitual. Em alguns casos, o mapa passa por um pré-processamento antes de ser utilizado de fato.

2.1.5 Principais dificuldades na construção

Segundo Cañas e Carvalho (2005), mapas conceituais bem construídos possuem conceitos e frases de ligação os mais curtos possíveis (preferencialmente formados por uma única palavra); proposições autônomas (podem ser lida independente do mapa e fazer sentido); e a estrutura é hierárquica. Entretanto os mapas conceituais não possuem regras fixas para sua construção e a adoção de certas formalidades que restringem a organização e representação do conhecimento pode ou não ser adotadas pelo autor.

Em razão disso, torna-se importante que o autor do mapa entenda os aspectos críticos que compõem bons mapas. Caso contrário, o mapa gerado pode não seguir um mínimo de formalismo e ter pouca clareza. Como consequência nem sempre será possível perceber dificuldades ou erros conceituais no mapa, seja pelo autor, no momento da revisão, ou pelo professor, que analisa o mapa.

A escolha da frase de ligação é o aspecto mais crítico na construção de um mapa

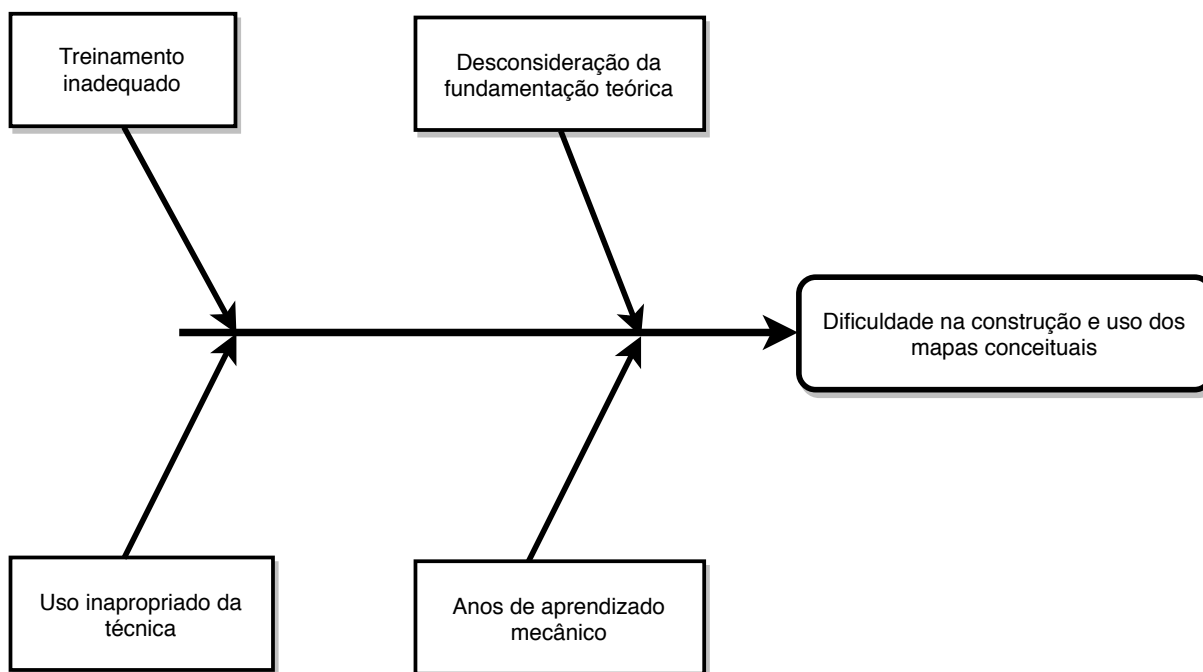


Figura 3 – Diagrama de Causa e Efeito

conceitual e requer do autor um esforço para determinar as relações adequadas entre conceitos (CAÑAS; CARVALHO, 2005; HILBERT; RENKL, 2008). Isto é, não basta apenas reconhecer que dois ou mais conceitos estão relacionados, é importante especificar o tipo de relacionamento. A frase de ligação é o que torna os mapas conceituais mais poderosos do que os demais organizadores gráficos. Sem isso o mapa conceitual é na verdade um mapa mental.

A dificuldade na construção e uso dos mapas conceituais surge na maioria dos casos devido ao uso inapropriado da técnica, treinamento inadequado, desconsideração da importância da fundamentação teórica e anos de aprendizado mecânico (AGUIAR; CICUTO; CORREIA, 2014; NOVAK, 2006). Estas são, na maioria das vezes, a razão da grande carga cognitiva exigida nos primeiros momentos da aprendizagem com o uso dos mapas (HWANG et al., 2014). Na Figura 3 temos as principais causas que dificultam o uso de mapas conceituais e a construção de bons mapas.

Quando o autor encontra dificuldade no mapeamento conceitual, os mapas construídos normalmente possuem algumas inconsistências. Na literatura certas inconsistências são citadas com frequência:

- Ausência da frase de ligação (AGUIAR; CORREIA, 2013; CONRADTY; BOGNER, 2010; CICUTO et al., 2013)
- Frase de ligação inadequada (CICUTO; CORREIA, 2013)
- Ausência da pergunta focal (AGUIAR; CORREIA, 2013)

- Pergunta focal inadequada (CAÑAS; NOVAK; REISKA, 2012; CAÑAS; NOVAK, 2006)
- Proposições inadequadas (CAÑAS; NOVAK, 2006)
- Repetição de conceitos (ASSIS et al., 2014)

A dificuldade na construção dos mapas conceituais pode ser superada por meio de treinamentos. Segundo Cicuto e Correia (2013), o treinamento para construção dos mapas conceituais deve se basear em quatro conceitos centrais: proposições, pergunta focal, revisão continuada e hierarquia. Além disso, sessões de treinamentos intensivos tiveram um efeito positivo na proficiência dos aprendizes no mapeamento conceitual (AGUIAR; CICUTO; CORREIA, 2014)

Hilbert e Renkl (2008) comparou aprendizes que foram treinados corrigindo mapas, construindo mapas depois de uma sessão de treinamento e construindo mapas sem nenhum treinamento. Os alunos que aprenderam corrigindo mapas conceituais obtiveram os melhores resultados em um teste de aprendizagem na compreensão de texto. Já os alunos que não tiveram nenhum treinamento obtiveram o pior resultado.

Com o treinamento adequado o autor do mapa pode gerar mapas com alta clareza e isso permite identificar com mais facilidade acertos e erros conceituais. Quem for analisar o mapa tem um *feedback* melhor do aprendiz e pode fazer intervenções mais adequadas que promovam a aprendizagem. Além de obter os benefícios prometidos e descritos na literatura ao utilizar mapas conceituais (AGUIAR; CICUTO; CORREIA, 2014).

2.2 Processamento de Linguagem Natural

Desde o advento dos computadores, a capacidade de processar linguagem natural vem sendo pensada para que a comunicação homem-máquina seja mais intuitiva e natural. Segundo Barbosa et al. (2017) o “Processamento de Linguagem Natural (PLN) é uma área da computação que tem como objetivo extrair representações e significados mais completos de textos livres escrito em linguagem natural”. Um dos objetivos da PLN é a construção de aplicações que facilitem a interação humana com máquinas e outros dispositivos como por exemplo reconhecedores automáticos de voz, geradores automáticos de resumos e *parsers* (BRUZINGA; MACULAN; LIMA, 2012).

Para muitas aplicações PLN um passo importante que deve ser feito antes de qualquer análise é classificar cada palavra em uma categoria gramatical (substantivo, verbo, adjetivo, preposição e advérbios). Esse processo de classificação é conhecido como *part-of-speech* (POS) e os sistemas que fazem isso são denominados etiquetadores de categorias gramaticais (POS *taggers*) (VIEIRA; LIMA, 2001). Por exemplo, ao utilizar a frase “O

computador armazena dados” como entrada para um POS *taggers*, uma possível saída seria “O[artigo] computador[substantivo] armazena[verbo] dados[substantivo]”. Saber a classe gramatical de uma palavra pode ajudar a saber, por exemplo, quais palavras podem sucedê-la (VIEIRA; LIMA, 2001). Assim, trata-se de um processo crítico no PLN.

2.3 Web Scraping

A *web* é uma importante fonte para obtenção de dados devido a grande quantidade de informação que é produzida diariamente pelos usuários devido o advento da *Web 2.0*. Entretanto as páginas *web*, que são construídas por meio da linguagem de marcação HTML (*HypeText Markup Language*), têm por objetivo apresentar informações que serão consumidas por pessoas. Ou seja, as páginas são construídas com o foco na parte visual e, com isso, a informação normalmente não se encontra de forma estruturada o que dificulta sua interpretação por máquinas.

Como a extração de informação em páginas *web* de forma manual por uma pessoa é inviável, surgiram técnicas para realizar essa extração de forma automática. Uma dessas técnicas é conhecida como *Web Scraping* e consiste em utilizar um programa para extrair dados de um arquivo HTML na *Internet* (HADDAWAY, 2015). Para realizar a extração de dados é preciso estabelecer uma comunicação com o site alvo por meio do protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*), fazer uma requisição ao arquivo HTML desejado por meio normalmente do método *GET* do HTTP, realizar o *parser* do HTML e extrair o conteúdo; e, por fim, representar o conteúdo extraído de forma estruturada.

Na Figura 4 exemplificamos o uso dessa técnica para extrair um conjunto de sinônimos de uma palavra. Para isso foram utilizadas as bibliotecas *Requests*¹ e *Beautiful Soup*² da linguagem Python. A biblioteca *Request* é utilizada para fazer requisições HTTP. Neste caso será uma requisição para baixar a página HTML que possui no seu conteúdo o conjunto de sinônimos que devem ser extraídos. Depois de recuperada a página, a biblioteca *Beautiful Soup* é utilizada para analisar a página e extrair o conjunto de sinônimos. Com essa biblioteca é possível, por exemplo, recuperar todas as ocorrências de uma determinada *tag* em uma página HTML e extrair o seu conteúdo.

Assim, a técnica de *Web Scraping* é uma importante ferramenta para a extração de informação na *web*. Além de automatizar e reduzir o tempo para realizar tal tarefa, o uso da técnica evita erros que poderiam acontecer se a extração fosse de forma manual. No exemplo apresentado, um *script* foi construído utilizando a linguagem Python com o auxílio de duas bibliotecas que reduzem bastante a complexidade em utilizar tal técnica.

¹ <http://docs.python-requests.org>

² <https://www.crummy.com/software/BeautifulSoup/>

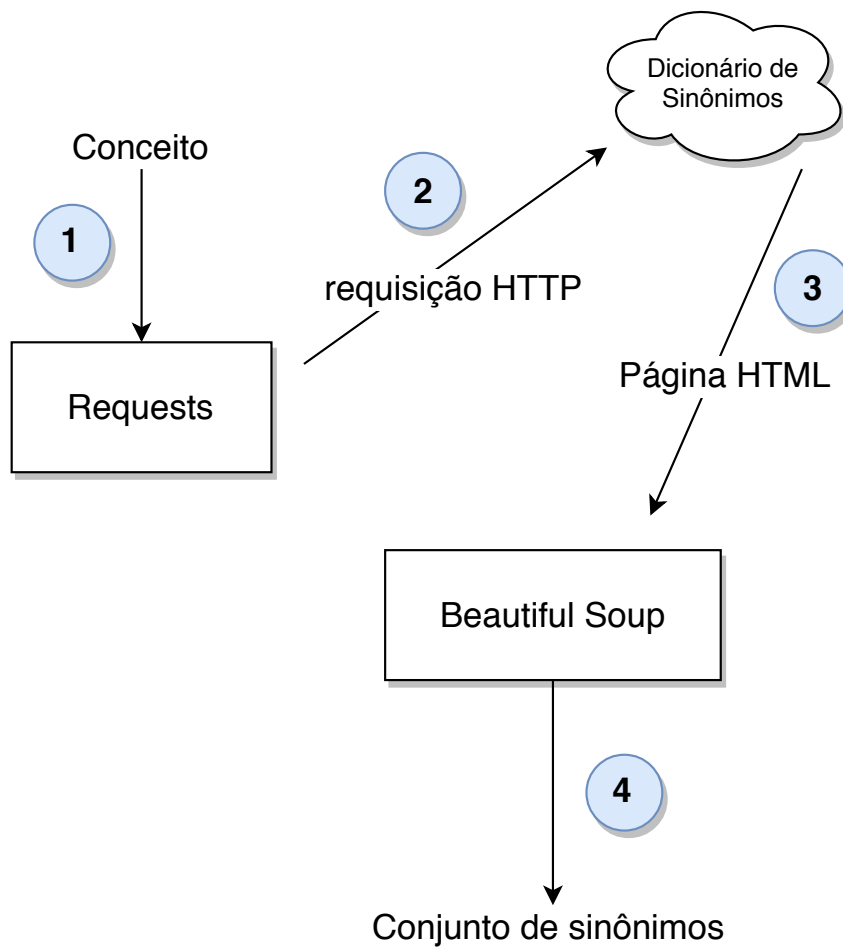


Figura 4 – Utilização da técnica *web scraping* na extração de um conjunto de sinônimos de uma página *Web*

3 Catálogo de inconsistências em mapas conceituais

Este capítulo tem o objetivo de apresentar um catálogo de inconsistências sobre mapas conceituais definido a partir de uma pesquisa exploratória utilizando mapas conceituais construídos por usuários de diferentes domínios e expertises.

3.0.1 Pesquisa exploratória sobre inconsistências em mapas conceituais

Com o objetivo de identificar e definir as inconsistências encontradas em mapas conceituais, realizamos uma pesquisa exploratória sobre 29 mapas construídos por usuários de diferentes domínios e expertises. Os mapas foram selecionados a partir de quatro experimentos realizados com grupos de estudantes de diferentes escolas e escolaridades. Sobre os mapas construídos, dois professores e especialistas em mapas conceituais realizaram avaliação por pares a fim de analisar e definir inconsistências comuns sobre os mapas. A pesquisa e seus resultados são sintetizados a seguir.

O primeiro grupo, extraído a partir de [Tomita \(2009\)](#), é formado por dez estudantes da 6ª série (7º ano). Para a construção dos mapas conceituais, o professor apresentou e explicou o significado do mapa conceitual utilizando dois mapas de domínios distintos: “Animais” e “Família”. Em seguida os estudantes receberam um tema “Paisagem” para guiar a construção do mapa e utilizado como conceito central. Cada estudante construiu o mapa a partir de seu próprio conhecimento e iniciando com a elaboração de uma lista de conceitos sobre o tema. Apresentamos a síntese da análise realizada pelos professores sobre os mapas conceituais na Tabela 1.

O segundo grupo, extraído a partir de [Cavalcanti \(2011\)](#), é formado por dez estudantes de graduação em química. Para a construção dos mapas conceituais, o professor utilizou o tema “Equilíbrio Químico” e sugeriu alguns conceitos que poderiam ser utilizados. Apresentamos a síntese da análise realizada pelos professores sobre os mapas conceituais na Tabela 2.

O terceiro grupo, extraído de [Conceição \(2016\)](#), é formado por quatro estudantes de graduação. Para a construção dos mapas conceituais, o professor deu um treinamento sobre mapeamento conceitual e também forneceu materiais instrucionais compostos de textos e vídeos. Uma aula após o treinamento, os estudantes receberam a pergunta focal “Como a ciência e tecnologia influenciaram a compreensão da sociedade sobre o universo?” e um conceito obrigatório “mais tecnologia” para guiar a construção do mapa. O tempo dado para construir o mapa foi de 60 minutos. Apresentamos a síntese da análise realizada

Tabela 3 – Inconsistências identificadas nos mapas de estudantes de graduação

Inconsistências	Aluno 1	Aluno 2	Aluno 3	Aluno 4
Ausência de verbo na frase de ligação		■		■
Presença de conjunção aditiva			■	

Tabela 4 – Inconsistências identificadas nos mapas de estudantes de pós-graduação

Inconsistências	Aluno 1	Aluno 2	Aluno 3	Aluno 4	Aluno 5
Ausência da frase de ligação	■				
Ausência de verbo na frase de ligação		■	■		
Verbo com erro de concordância	■	■	■	■	■
Conceito extenso	■			■	
Conceito inadequado		■			
Repetição de conceitos na forma de sinônimos			■		

pelos professores sobre os mapas conceituais na Tabela 3.

O quarto grupo, extraído a partir de (AGUIAR, 2017) é formado por cinco alunos de pós-graduação que tem proficiência no mapeamento conceitual. Apresentamos a síntese da análise realizada pelos professores sobre os mapas conceituais na Tabela 4

3.0.2 Inconsistências

As inconsistências verificadas na seção 3.0.1 podem ser sumarizadas da seguinte forma:

- Conceito ausente
- Conceito inadequado
- Frase de ligação ausente
- Frase de ligação sem verbo
- Erro nas relações entre as palavras
- Conceito repetido

Cada um desses itens que compõem o catálogo é apresentado a seguir.

3.0.2.1 Conceito ausente

Definição: elemento que ocupa a posição de conceito no mapa conceitual mas que não possui a representação de um conceito, ou seja, o autor atribui um conceito em branco a proposição. Neste caso, não há a construção de uma proposição (conceito-relação-conceito) pois não é possível validá-la como uma asserção. Ademais, a ausência do conceito em uma proposição impossibilita a identificação do conhecimento que o autor tem intenção de expressar.

Impacto: trata-se de uma inconsistência grave uma vez que as proposições fazem parte da estrutura principal de um mapa conceitual, ou seja, essa inconsistência descaracteriza o que vem a ser um mapa conceitual.

Correção: para corrigir tal inconsistência é preciso analisar a relação e conceito que estão conectados ao conceito ausente e encontrar um conceito adequado ao contexto. O conceito deve seguir os seguintes requisitos: ser formado por substantivo, possuir uma mensagem semanticamente clara e corresponder a pergunta focal do mapa. O conceito adequado pode ser encontrado consultando um especialista do domínio, analisando outros mapas que procuram responder a mesma pergunta focal ou utilizando técnicas de recuperação de informação. Assim, a correção dessa inconsistência possui um alto nível de dificuldade.

Na Figura 5 temos um exemplo dessa inconsistência e a sua correção realizada por meio de mapas similares que respondem a mesma pergunta focal.

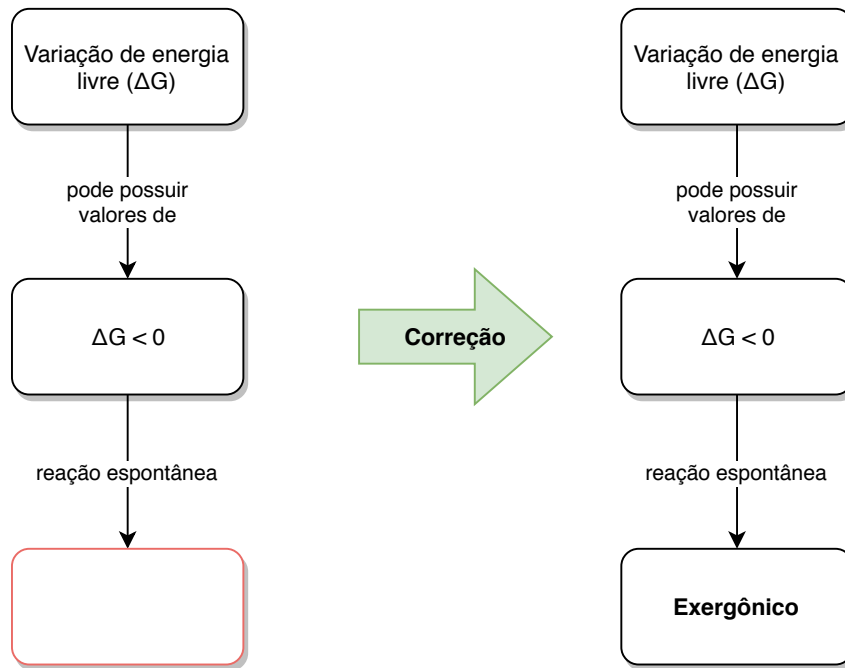


Figura 5 – Conceito ausente

3.0.2.2 Conceito inadequado

Definição: conceito presente no mapa não representa uma série de objetos, eventos ou situações que possuem atributos comuns (PÉREZ; VIEIRA, 2005). Para identificar tal inconsistência é preciso classificar o conceito em uma classe gramatical e verificar se é um substantivo. Se não for, então o conceito é considerado inadequado.

Impacto: trata-se de uma inconsistência leve pois a estrutura conceito-relação-conceito é mantida. No entanto prejudica o entendimento e mensagem transmitida pela proposição.

Correção: para corrigir tal inconsistência é preciso removê-lo do mapa conceitual juntamente com o restante dos elementos que compõem a proposição. Depois de identificada, é uma inconsistência facilmente corrigida.

Na Figura 6 temos um exemplo dessa inconsistência, o conceito “Dificuldade” é um adjetivo e por isso não é adequado e, em razão disso, é feita sua correção removendo o conceito do mapa.

3.0.2.3 Frase de ligação ausente

Definição: elemento que ocupa a posição de frase de ligação no mapa conceitual mas que não possui a representação de uma frase de ligação, ou seja, o autor atribui uma frase de ligação em branco a proposição. Neste caso, não há a construção de uma proposição (conceito-relação-conceito) pois não é possível validá-la como uma asserção. Ademais, a ausência da frase de ligação em uma proposição impossibilita a identificação

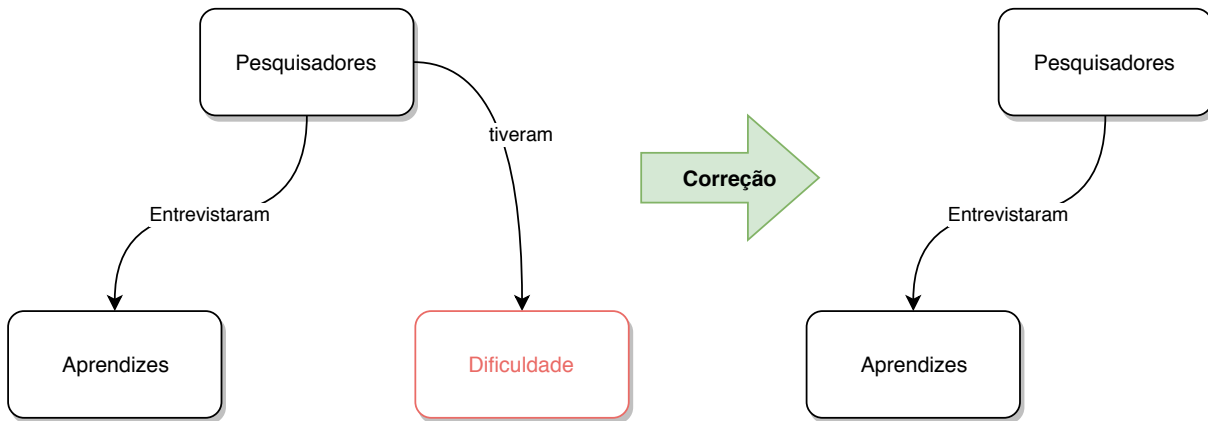


Figura 6 – Conceito inadequado

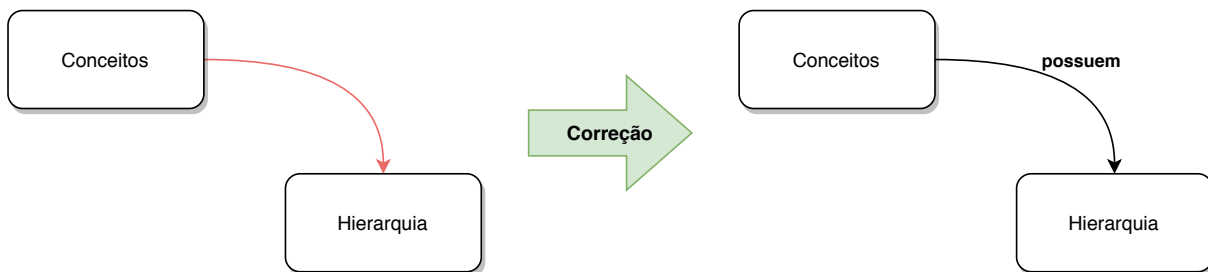


Figura 7 – Ausência da frase de ligação

do porquê de um relacionamento entre conceitos.

Impacto: trata-se de uma inconsistência grave uma vez que as proposições fazem parte da estrutura principal de um mapa conceitual, ou seja, essa inconsistência descaracteriza o que vem a ser um mapa conceitual.

Correção: para corrigir tal inconsistência é preciso analisar o restante da proposição no qual a frase de ligação em branco está inserida e encontrar uma frase adequada fazendo com que a proposição cumpra os seguintes requisitos: carregue uma mensagem semanticamente clara, faça sentido quando lida separadamente e ajude a responder a pergunta focal (caso definida). A frase de ligação adequada pode ser encontrada consultando um especialista do domínio, analisando outros mapas que procuram responder a mesma pergunta focal ou utilizando técnicas de recuperação de informação. Assim, a correção dessa inconsistência possui um alto nível de dificuldade.

Na Figura 7 temos um exemplo dessa inconsistência onde os conceitos “Conceitos” e “hierarquia” estão conectados, mas sem que seja possível saber o relacionamento entre eles. Nesse caso, a correção foi possível ao analisar outros mapas construídos que respondiam a mesma pergunta focal.

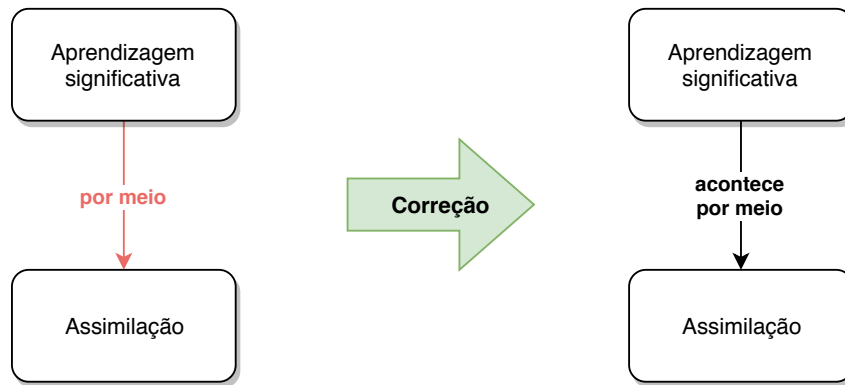


Figura 8 – Frase de ligação sem verbo

3.0.2.4 Frase de ligação sem verbo

Definição: elemento que ocupa a posição de frase de ligação não utiliza um verbo para explicitar a relação entre dois conceitos. Para corrigir tal inconsistência é preciso analisar toda a proposição, identificar as classes gramaticais das palavras utilizadas na construção da frase de ligação e verificar se alguma delas é um verbo.

Impacto: trata-se de uma inconsistência média. Faz com que seja difícil compreender o porquê de um relacionamento entre conceitos.

Correção: para corrigir uma frase de ligação sem verbo é preciso analisar toda a proposição, encontrar um verbo adequado e fazer as necessárias adaptações na frase de ligação. Depois de inserido o verbo é preciso verificar se a proposição ainda carrega uma mensagem semanticamente clara, faça sentido quando lida separadamente e ajude a responder a pergunta focal (caso definida).

Na Figura 8 temos um exemplo dessa inconsistência onde a frase de ligação é “por meio” e a correção foi feita inserindo o verbo “acontecer” no início da frase.

3.0.2.5 Erro nas relações entre as palavras

Definição: a proposição possui algum erro de colocação pronominal, concordância nominal ou verbal. Para identificar tal inconsistência é preciso que a proposição passe pela análise de um corretor ortográfico para verificar se existe algum erro.

Impacto: trata-se de uma inconsistência leve e que requer um maior esforço de alguém que deseja analisar o mapa.

Correção: para corrigir tal inconsistência é preciso utilizar um corretor ortográfico que além de identificar o erro também faça uma sugestão da alteração que pode ser feita.

Na Figura 9 o verbo “representa” não concorda com o sujeito “Mapas Conceituais” e a correção foi flexionar o verbo no tempo verbal correto “representam”.

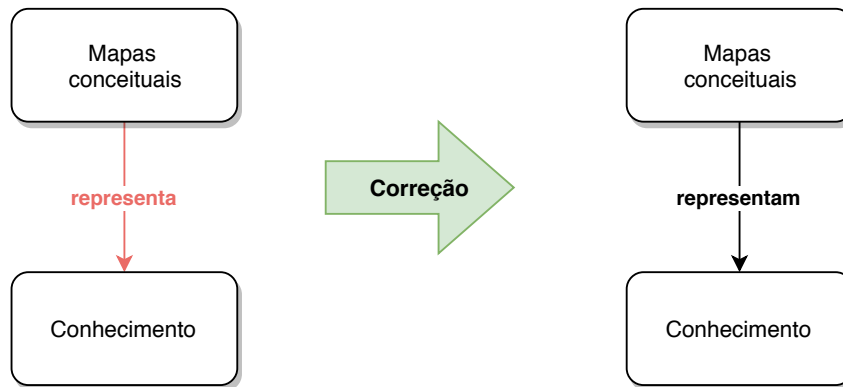


Figura 9 – Erro de concordância

3.0.2.6 Conceito repetido

Definição: o elemento que ocupa a posição de conceito no mapa conceitual é inserido duas ou mais vezes. Essa repetição pode ocorrer quando mais de um conceito possui a mesma grafia ou na forma de sinonímia. Quando a repetição ocorre com a mesma grafia, a identificação é feita analisando todos os conceitos presentes no mapa para verificar se dois ou mais conceitos se repetem. Neste caso, torna-se importante verificar a flexão dos conceitos. Quando a repetição ocorre na forma de sinônimos, a identificação é possível consultando um dicionário de sinônimos.

Impacto: trata-se de uma inconsistência média que pode prejudicar a interpretação do mapa por outra pessoa ou apresentar informações redundantes.

Correção: para corrigir tal inconsistência é preciso remover os conceitos repetidos, manter apenas um no mapa conceitual e fazer as adaptações necessárias para que nenhuma proposição fique sem um conceito.

Na Figura 10 temos um exemplo de repetição com a mesma grafia, o autor inseriu dois conceitos iguais “Evento” e “Eventos” e a sua correção foi possível removendo o primeiro conceito e fazendo as adaptações nas frases de ligação.

Na Figura 11 temos um exemplo de repetição na forma de sinônimos, o autor inseriu os conceitos: “Mar” e “Oceano”. Para fazer a correção foi preciso remover o conceito “Oceano” e não foi preciso fazer nenhuma adaptação nesse caso.

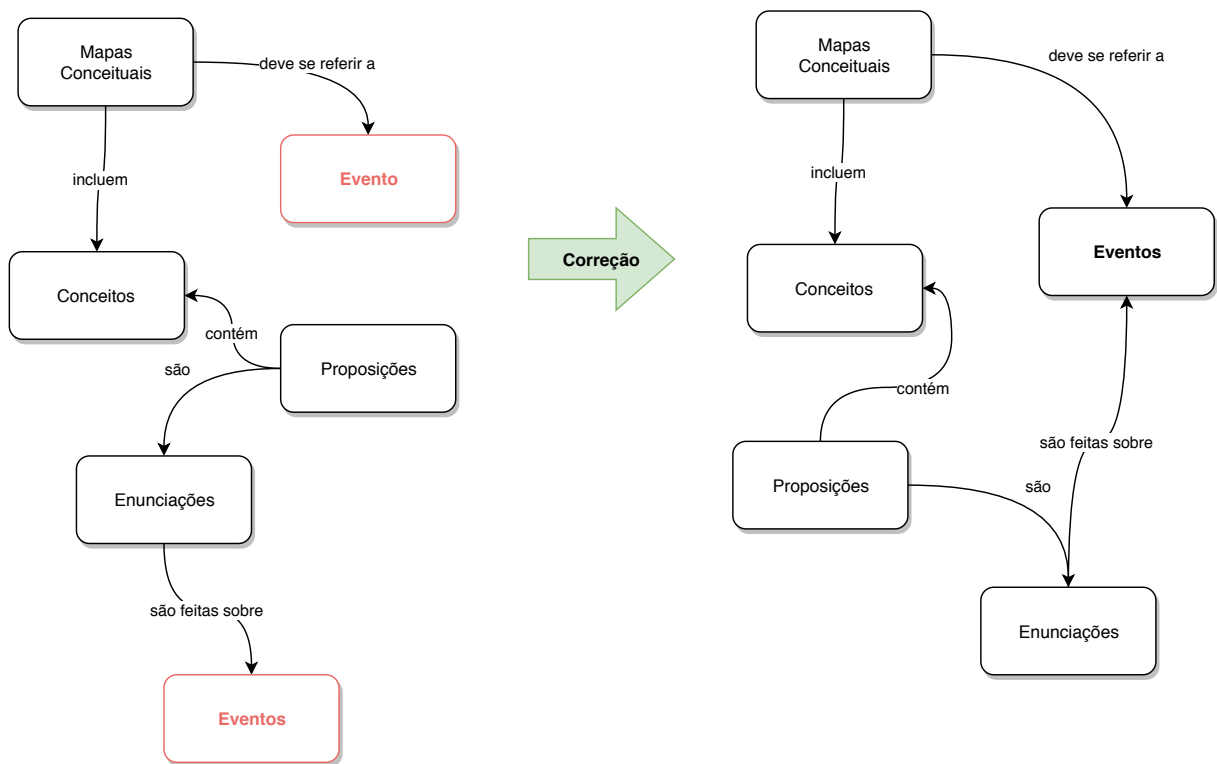


Figura 10 – Conceito repetido

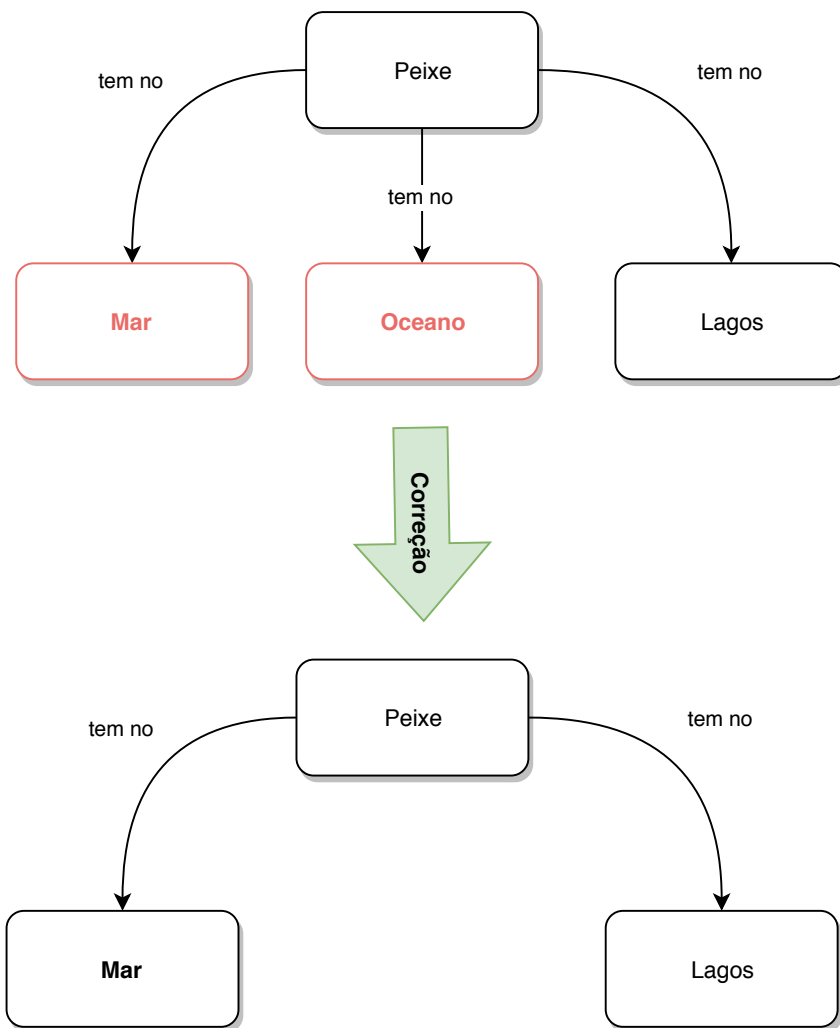


Figura 11 – Conceito sinônimo

4 Trabalhos correlatos

A criação de ferramentas que facilitam a utilização dos mapas conceituais é amplo na comunidade científica. Entretanto ferramentas que atuam no momento da construção do mapa conceitual com o objetivo de ajudar o autor a elaborar mapas mais claros e formais é limitada. Dessa forma, neste capítulo serão apresentadas algumas ferramentas presentes na literatura com o objetivo de comparar a ferramenta proposta nessa dissertação. Torna-se importante destacar que as ferramentas apresentadas atuam mais de forma a “provocar” o autor para que este tenha *insights* e por meio do seu próprio discernimento melhore o mapa que está sendo construído. Além disso, as ferramentas não fazem nenhum tipo de verificação quanto a estrutura das proposições, conceitos repetidos ou qualquer outro tipo de erro que pode dificultar a análise do mapa.

Cañas et al. (2004) desenvolveu um módulo para o CMapTools chamado *concept suggester* para sugestão proativa de conceitos. Este utiliza o mapa que está sendo construído como entrada para minerar a *Web* e apresentar para o autor uma lista de conceitos que podem ser relevantes para o mapa em construção. O autor destaca que se pelo menos dois ou três conceitos da lista forem relevantes, isso pode ser um gatilho para que o mapa seja verificado, corrigido ou estendido. Entretanto a efetividade do algoritmo cai quando o mapa começa a ficar muito grande pois fica mais difícil para o algoritmo determinar sobre o que exatamente o mapa aborda.

A ferramenta Soups (Sopas) (CANAS et al., 2001) permite que o autor de um mapa conceitual compartilhe suas proposições em um repositório central. Essas proposições podem ser vistas por outros autores que estejam construindo um mapa sobre o mesmo tema. Entretanto nem todas as proposições ficam visíveis. Pois a ferramenta usa heurísticas para exibir apenas as proposições que estejam relacionadas com a proposição que foi compartilhada pelo autor. Dessa forma, quanto mais um autor compartilha suas proposições, mais ele tem acesso a proposições publicadas por outros autores. Além disso, os autores podem questionar as proposições compartilhadas e com isso gerar uma discussão sobre o assunto. Assim, a ferramenta Soups fornece uma espaço de colaboração entre os usuários.

Um agente chamado Giant (Gigante) (REICHHZER et al., 1998) foi desenvolvido para explorar as proposições do autor quanto as compartilhadas na ferramenta Soups. Com base nisso o agente faz algumas afirmações e apresenta para o autor. Nem sempre as afirmações feitas fazem sentido e isso não é relevante pois ensinar não é o objetivo do agente. Mas “desequilibrar” o autor para que ele reconsidere a forma como o seu mapa foi construído.

5 Ferramenta proposta

O propósito da ferramenta é identificar automaticamente inconsistências e sugerir correções que possam ser feitas no mapa conceitual.

5.1 Levantamento de requisitos

Segundo [Sommerville \(2011\)](#), “os requisitos de um sistema são as descrições do que o sistema deve fazer, os serviços que oferece e as restrições a seu funcionamento”. Esta Seção tem por objetivo definir os requisitos de um sistema que recebe como entrada um mapa conceitual e gera como saída uma lista com as inconsistências encontradas e possíveis correções que podem ser feitas automaticamente.

O objetivo global do sistema é apoiar o autor no processo de construção do mapa para seguir algumas diretrizes que torne o mapa mais claro e formal. Na Seção [3.0.1](#), observamos o comportamento dos usuários com o objetivo de inferir um conjunto de funcionalidades para o sistema. São elas:

- Detectar e corrigir ausência da frase de ligação
- Detectar e corrigir conceito não definido
- Detectar e corrigir frase de ligação sem verbo
- Detectar e corrigir conceito inadequado
- Detectar e corrigir erros nas relações entre as palavras
- Detectar e corrigir conceito repetido
- Detectar e corrigir conceito sinônimo

5.2 Modelo arquitetural

A ferramenta proposta é formada por três camadas conforme ilustrado na [Figura 12](#): tratamento de entrada, detecção e correção de inconsistências; e apresentação da saída.

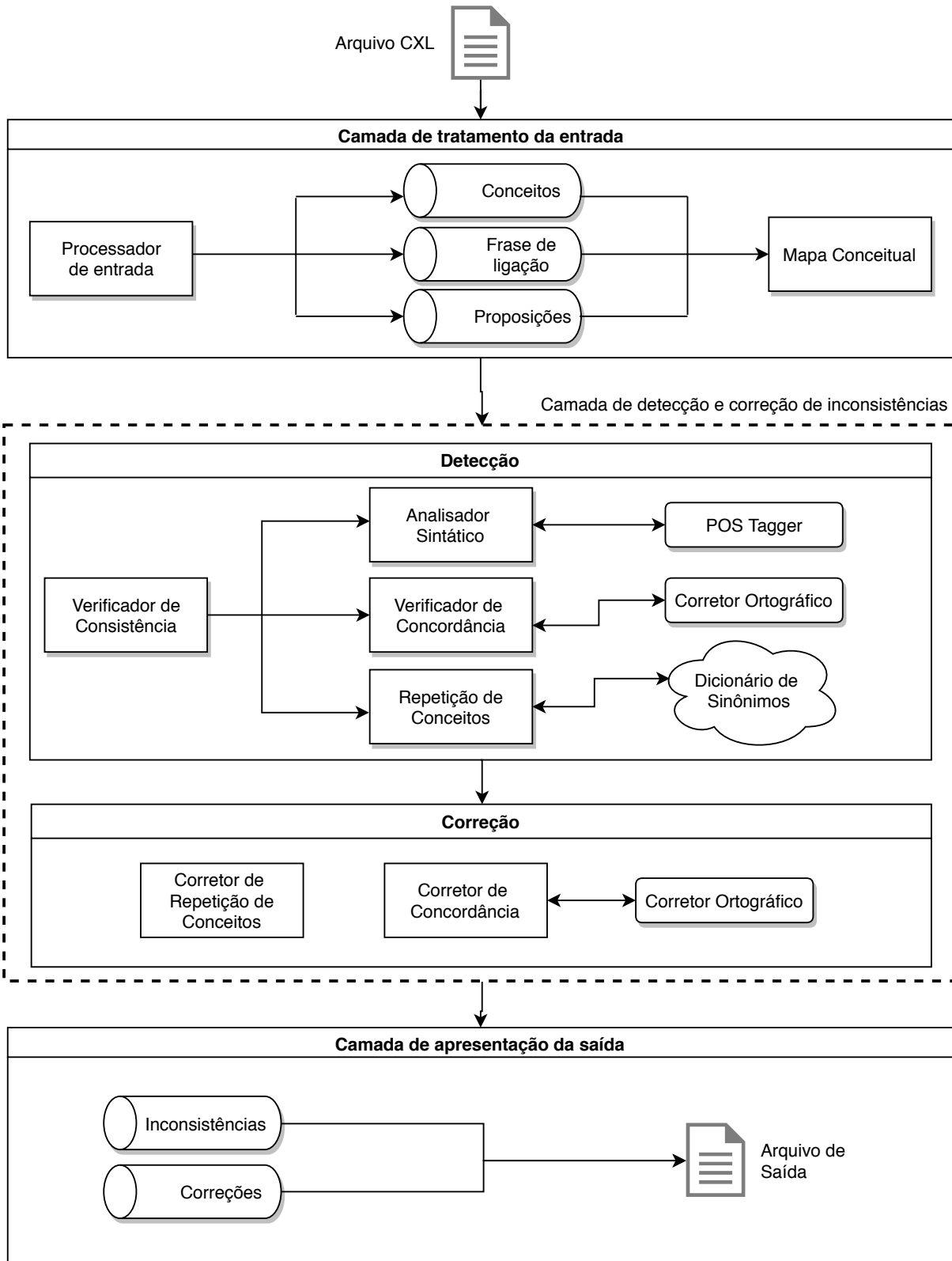


Figura 12 – Modelo arquitetural da ferramenta proposta



Figura 13 – Mapa conceitual no formato CXL

5.2.1 Camada de tratamento da entrada

A função dessa camada é receber um mapa conceitual no formato CXL (*Concept Mapping Extensible Language*¹) de entrada e a partir dele instanciar um objeto do tipo “MapaConceitual”.

O formato CXL é uma linguagem baseada em XML para descrever o conteúdo de mapas conceituais criada pelo IHMC. A adoção deste formato é encorajada pois permite que diferentes ferramentas possam trocar mapas conceituais (CAÑAS et al., 2006). Por essa razão, o formato CXL é adotado como entrada para o sistema. Um exemplo de arquivo nesse formato é apresentado na Figura 13. Os conceitos “Computador” e “Dados” são representados por meio do elemento *concept* com os atributos *id* (um número único para cada conceito e frase de ligação) e *label* (texto que é usado como rótulo para o conceito). A frase de ligação “armazena” é representada por meio do elemento *linking-phrase* que utiliza também os atributos *id* e *label*. A proposição “Computador armazena dados” é representada por meio do elemento *connection* com os atributos *from-id* e *to-id*. O primeiro indica o *id* do elemento que inicia a conexão e o segundo indica o elemento que termina a conexão. Assim, para representar uma proposição são necessários dois elementos *connection*: um que faz a conexão entre o primeiro conceito até a frase de ligação e outro que faz a conexão da frase de ligação até o conceito final.

A objeto MapaConceitual percorre toda a estrutura do arquivo CXL e recupera e armazena de forma adequada a pergunta focal, os conceitos, as frases de ligação e as

¹ A descrição completa desse formato pode ser acessada no endereço: <http://cmap.ihmc.us/xml/CXL.html>.

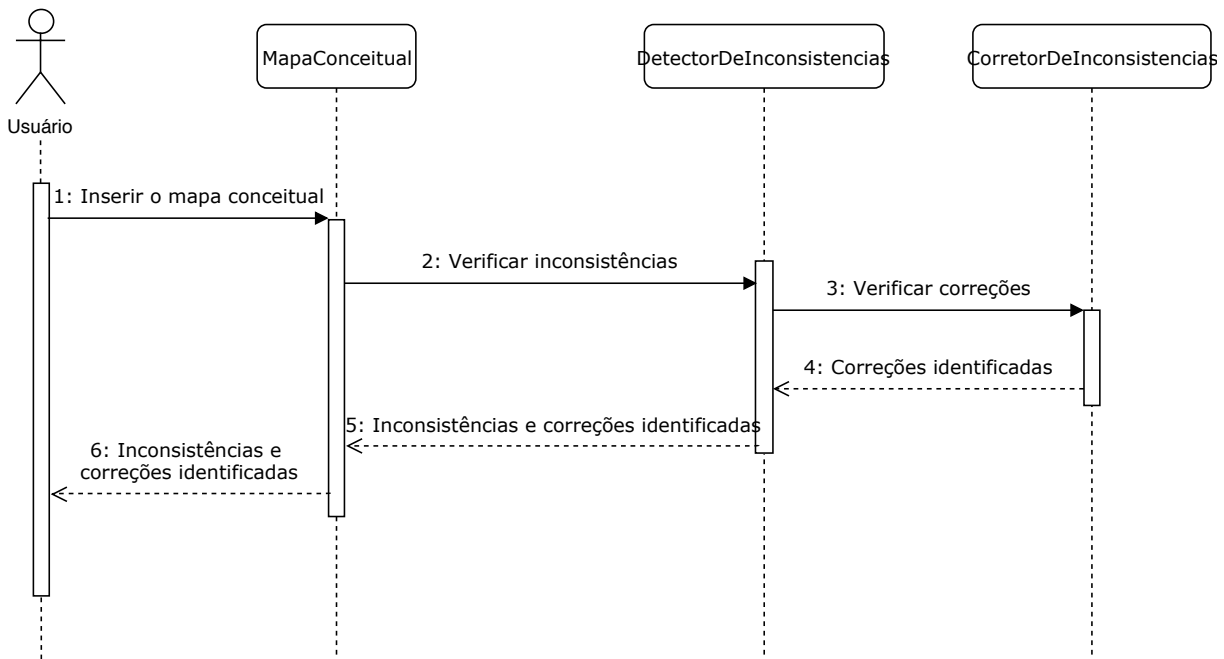


Figura 14 – Diagrama de sequência

proposições do mapa conceitual. Além de expor métodos que permitem acessar essas informações de forma compreensível por outros objetos.

5.2.2 Camada de detecção e correção de inconsistências

A primeira atividade dessa camada é identificar todas as inconsistências definidas no levantamento de requisitos presentes em um mapa conceitual. Depois disso, todas as inconsistências são analisadas pelo corretor para verificar se existe uma possível correção. O diagrama de sequência (Figura 14) modela as interações envolvidas entre os objetos “MapaConceitual”, “DetectorDeInconsistências” e “CorretorDeInconsistências”.

5.2.2.1 Detector de Inconsistências

Esse módulo é responsável por detectar as inconsistências definidas no levantamento de requisitos. Tal módulo é dividido em três tarefas básicas: Verificador de Consistência, Analisador Sintático, Verificador de Concordância e Verificador de Repetição de Conceitos.

O Verificador de Consistência tem a função de verificar se uma proposição possui um conceito ou frase de ligação em branco. As demais tarefas são executadas apenas se a proposição é formada pela tripla Conceito-Relação-Conceito. Nessa tarefa são implementados os requisitos que detectam a ausência da frase de ligação e a ausência de conceito.

O Analisador Sintático tem a função de verificar se a proposição possui uma estrutura válida, isto é, a proposição é constituída de um substantivo-verbo-substantivo.

Para isso primeiro precisamos classificar cada palavra de uma proposição em uma categoria gramatical (substantivo, verbo, adjetivo, preposição e advérbios). Esse processo de classificação é conhecido como *part-of-speech* (POS) e os sistemas que fazem isso são denominados etiquetadores de categorias gramaticais (*POS taggers*) (VIEIRA; LIMA, 2001). O etiquetador de categoria gramatical utilizado pela ferramenta proposta foi construído com o auxílio da biblioteca NLTK da linguagem *Python* e os *Corpus* etiquetados MacMorphos² e Floresta Sinta(c)tica³ para realizar o treinamento do etiquetador.

Depois de classificar em uma classe gramatical cada palavra de uma proposição, é verificado se o conceito possui um substantivo e se a frase de ligação possui um verbo.

O Verificador de Concordância tem a função de verificar se a proposição possui concordância verbal. Para isso é utilizado o corretor ortográfico CoGroo⁴. Este é um corretor gramatical acoplável à suíte de escritório LibreOffice⁵ capaz de detectar erros no texto tais como erros de concordância nominal e verbal, crase, regência nominal e verbal e outros erros comuns na língua portuguesa falada no Brasil (KINOSHITA; SALVADOR; MENEZES, 2005). Além disso, ele sugere uma medida corretiva para o erro gramaticalmente encontrado (Centro de Competência em Software Livre, 2013).

Por fim, o Verificador de Repetição de Conceitos verifica se dois ou mais conceitos são repetidos no mapa conceitual. Essa verificação analisa conceitos com a mesma grafia e para aumentar a precisão os conceitos são colocados no singular antes de serem comparados. Além disso, os conceitos são analisados em relação a sinonímia fazendo uma consulta a dois aplicativos *Web* de dicionário de sinônimos.

Estes aplicativos de dicionário de sinônimos, não disponibilizam uma API para que a consulta seja facilitada por outras ferramentas computacionais. Por essa razão, foi necessário fazer uso da técnica *web scraping*, que é a extração de dados de páginas *web*.

5.2.2.2 Corretor de Inconsistências

Esse módulo sugere correções que podem ser feitas nas inconsistências detectadas pelo “Verificador de Concordância” e “Verificador de Repetição de Conceitos”.

Em relação à concordância verbal, o corretor indica a alteração do verbo para o tempo verbal adequado. Para isso utiliza-se a proposição como entrada em um corretor ortográfico para que este indique a alteração a ser feita no verbo.

A correção em relação a repetição de conceitos, sugere manter um conceito no mapa e remover os demais que são repetidos ou sinônimos, fazendo os ajustes necessários para que as proposições continuem consistentes.

² <http://www.nilc.icmc.usp.br/macmorpho/>

³ <https://www.linguateca.pt/Floresta/>

⁴ <http://cogroo.sourceforge.net/>

⁵ <https://www.libreoffice.org/>

```
{
  "conceitoIndefinido": [],
  "fraseDeLigacaoNaoDefinido": [],
  "conceitoInadequado": [
    {
      "idConceito": 5
    }
  ],
  "fraseDeLigacaoSemVerbo": [
    {
      "idFraseDeLigacao": 1
    }
  ],
  "erroDeConcordancia": [
    {
      "idProposicao": 3,
      "correcao": "possui"
    }
  ],
  "conceitosRepetidos": [
    {
      "idsConceito": [
        1,
        2
      ],
      "correcao": 2
    }
  ]
}
```

Figura 15 – Saída da ferramenta no formato JSON

5.2.3 Camada de apresentação da saída

A função desta camada é apresentar a saída do sistema de forma que seja simples a integração com outras ferramentas. Para isso foi utilizado o padrão *JavaScript Object Notation*⁶ (JSON) por ser um arquivo de texto simples de ser interpretado por ferramentas computacionais e independente de linguagem. Isto o torna um formato ideal para troca de dados.

A Figura 15 ilustra um exemplo de arquivo de saída com as seguintes inconsistências encontradas: conceito inadequado, frase de ligação sem verbo, proposição com erro de concordância e conceitos repetidos.

⁶ <https://json.org/>

6 Experimentos e análise dos resultados

A fim de avaliar a eficácia e eficiência da ferramenta proposta, experimentos foram realizados utilizando como entrada os mapas conceituais coletados na Seção 3.0.1. Para isso os mapas foram primeiro transcritos para o CMapTools e depois exportados para o formato CXL. As informações desses mapas são sintetizadas na Tabela 5.

No grupo de alunos da 6ª série (G1), as inconsistências que foram detectadas pelo algoritmo demonstraram que grande parte das proposições não era consistente, isto é, não possuía a tripla conceito - frase de ligação - conceito. Isso ocorreu porque a frase de ligação foi deixada em branco, o que representou 42% das inconsistências encontradas. Além disso, 20% das frases de ligação que foram utilizadas não possuem verbo. A Figura 16 apresenta as demais inconsistências encontradas pela ferramenta.

No grupo de alunos de graduação (G2), as inconsistências que foram detectadas pelo algoritmo demonstraram que grande parte dos conceitos utilizados não era adequada. Além disso, muitas proposições eram inconsistentes e existem frases de ligação que não possuem verbo. Torna-se importante destacar que esse grupo não utilizou uma pergunta focal e não teve treinamento para utilização dos mapas conceituais. A Figura 17 apresenta as demais inconsistências encontradas pela ferramenta.

No outro grupo formado por alunos de graduação (G3), o algoritmo encontrou apenas três tipos de inconsistências e que todas as proposições eram consistentes. Esse grupo além de utilizar uma pergunta focal também teve treinamento antes de utilizar de fato os mapas conceituais. Esse grupo foi o que apresentou menos inconsistências nos mapas. Isso provavelmente ocorreu porque, conforme foi descrito na seção 3.0.1, esse grupo

Tabela 5 – Mapas analisados pela ferramenta

	<i>Qtd de Mapas</i>	<i>Conceitos</i>	<i>Frases de Ligação</i>	<i>Proposições</i>	<i>Pergunta focal</i>	<i>Treinamento</i>	<i>Experiencia</i>
6ª série (G1)	10	130	115	128	■		
Graduação (G2)	10	214	160	231			
Graduação (G3)	4	36	45	45	■	■	
Pós-graduação (G4)	5	148	159	199	■		■
	29	528	479	603			



Figura 16 – Inconsistências encontradas nos mapas conceituais produzidos por alunos da 6ª série

além de receber quatro aulas de treinamento também receberam materiais instrucionais (textos e vídeos). Isso confirma o efeito positivo de um treinamento adequado antes de utilizar os mapas. A Figura 18 apresenta as inconsistências detectadas.

No grupo formado por alunos de pós-graduação (G4), o algoritmo detectou vários tipos de inconsistências e a mais encontrada foi a frase de ligação sem verbo (42%). Os mapas desse grupo eram mais complexos e isso pode ser visto pela quantidade de proposições (199). Mesmo utilizando uma pergunta focal e com experiência no mapeamento conceitual, o número de inconsistências foi alto conforme pode ser visto na Figura 19.

Na Tabela 6 sintetizamos as inconsistências detectadas em cada grupo e o desempenho de cada funcionalidade da ferramenta utilizando a medida precisão (*precision*).

As inconsistências mais frequentes foram: “frase de ligação sem verbo” (28,98%), “conceito inadequado” (23,67%) e “frase de ligação ausente” (21,91%). As duas primeiras inconsistências prejudicam a clareza da proposição e, como consequência, a análise do mapa conceitual irá requerer um maior esforço cognitivo. Já a terceira inconsistência (“frase de ligação ausente”) é mais grave pois não é possível compreender o relacionamento que o autor do mapa fez entre dois ou mais conceitos. O fato dessas inconsistências serem

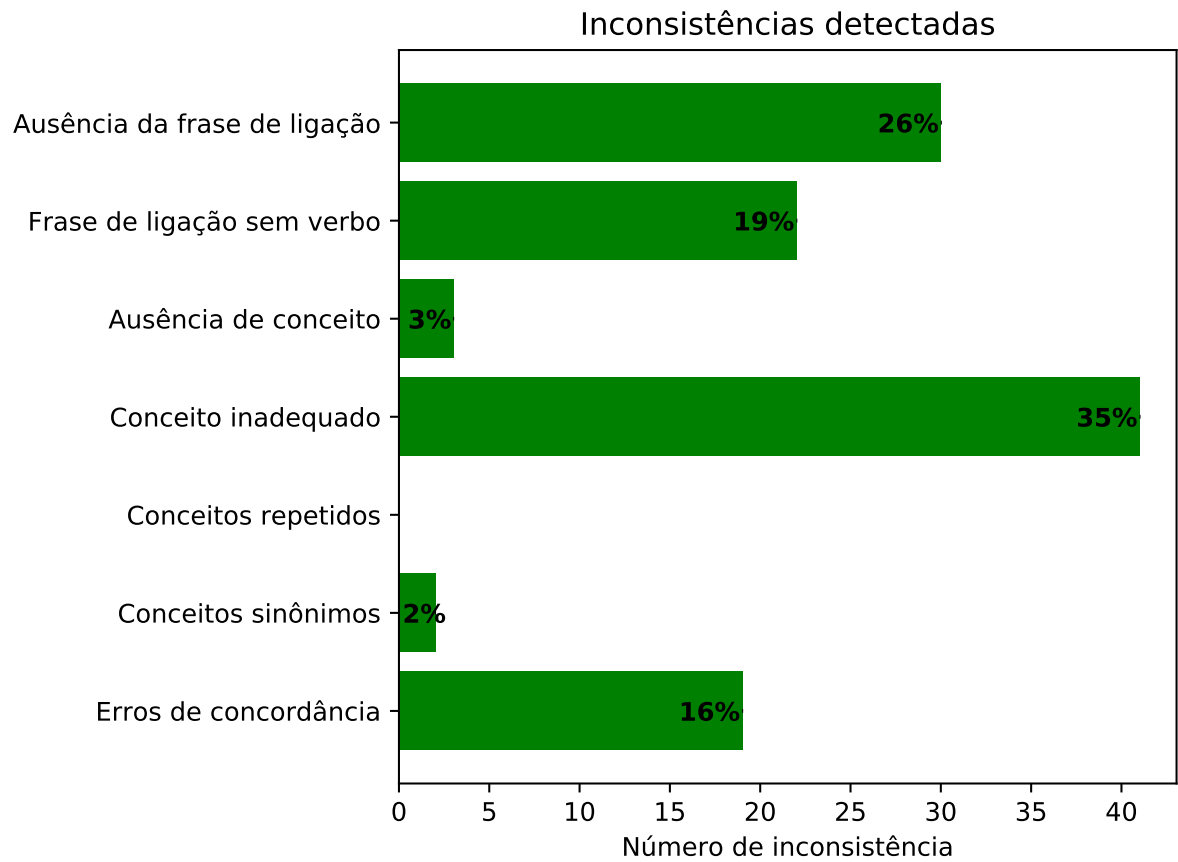


Figura 17 – Inconsistências encontradas nos mapas conceituais produzidos por alunos de graduação em química

Tabela 6 – Inconsistências encontradas pelo algoritmo

		G1	G2	G3	G4	Total	%	Precisão
Verificador de Consistência	Conceito Ausente	0	3	0	0	3	1,06%	100%
	Frase de Ligação Ausente	30	30	0	2	62	21,91%	100%
Analisador Sintático	Conceito inadequado	21	41	2	3	67	23,67%	77,01%
	Frase de ligação sem verbo	23	22	7	30	82	28,98%	95,35%
Verificador de Concordância	Verbal	4	19	1	21	45	15,90%	100%
Repetição de Conceitos	Mesma grafia	4	0	0	1	5	1,77%	100%
	Sinônimo	2	2	0	15	19	6,71%	61,29%
		84	117	10	72	283		

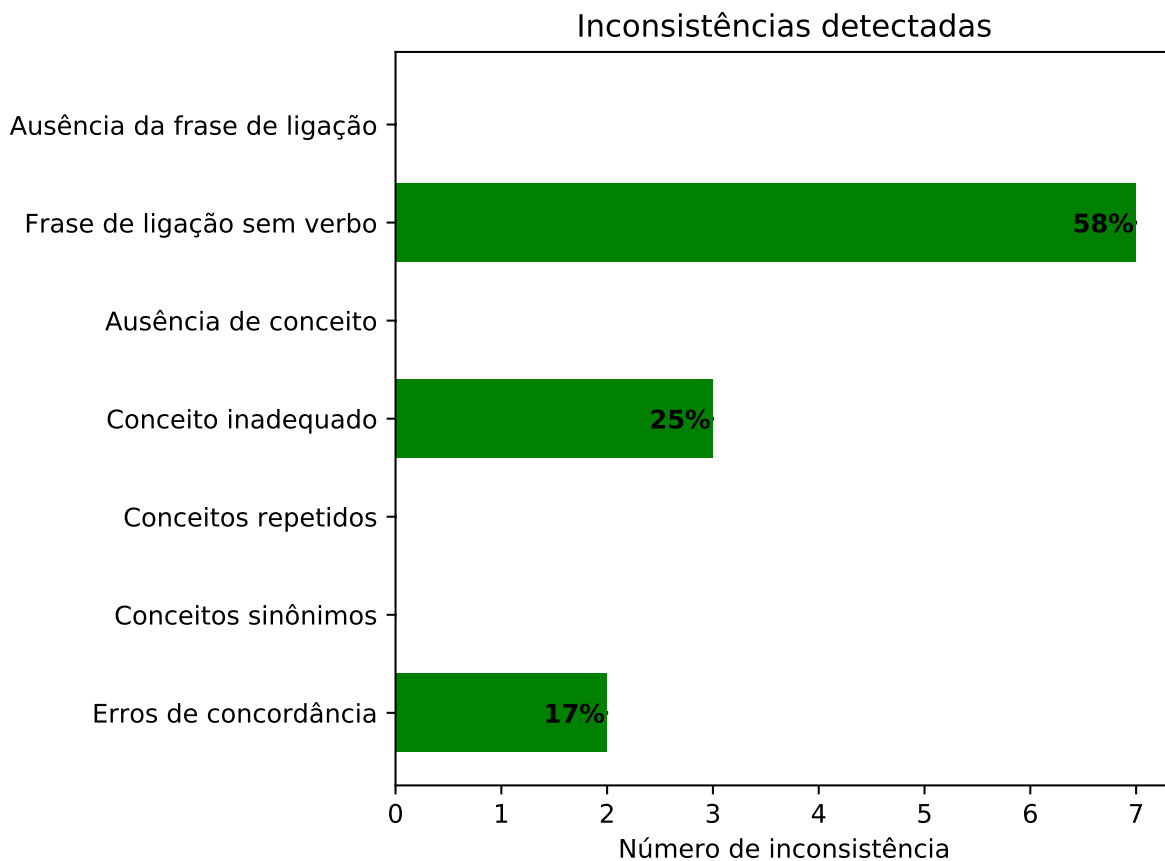


Figura 18 – Inconsistências encontradas nos mapas conceituais produzidos por alunos de graduação da disciplina “Ciências da Natureza: Ciência, Cultura e Sociedade”

as mais frequentes demonstra que a utilização dos mapas conceituais normalmente não vem acompanhada de um treinamento adequado sobre os seus fundamentos básicos.

Outra observação importante é que a medida que o mapa cresce e se torna mais complexo as inconsistências ficam mais frequentes. Isso foi notado nos mapas onde os autores tinham expertise na técnica de mapeamento conceitual. Devido a complexidade do mapa, acreditamos que algumas inconsistências podem passar despercebidas até mesmo para usuários experientes. Dessa forma, a ferramenta se mostra útil não apenas para iniciantes mas, também, para usuários experientes que desejam construir mapas complexos.

A ferramenta teve uma boa precisão na maioria das funcionalidades, isto é, os itens recuperados foram relevantes. Os piores desempenhos foram para detectar as inconsistências “conceito sinônimo”, “frase de ligação sem verbo” e “conceito inadequado”. No caso dos conceitos sinônimos, alguns conceitos só são sinônimos em determinado contexto e isso não é analisado pela ferramenta. Já na “frase de ligação sem verbo” e “conceito inadequado” algumas palavras podem ter mais de uma classe gramatical dependendo do contexto.

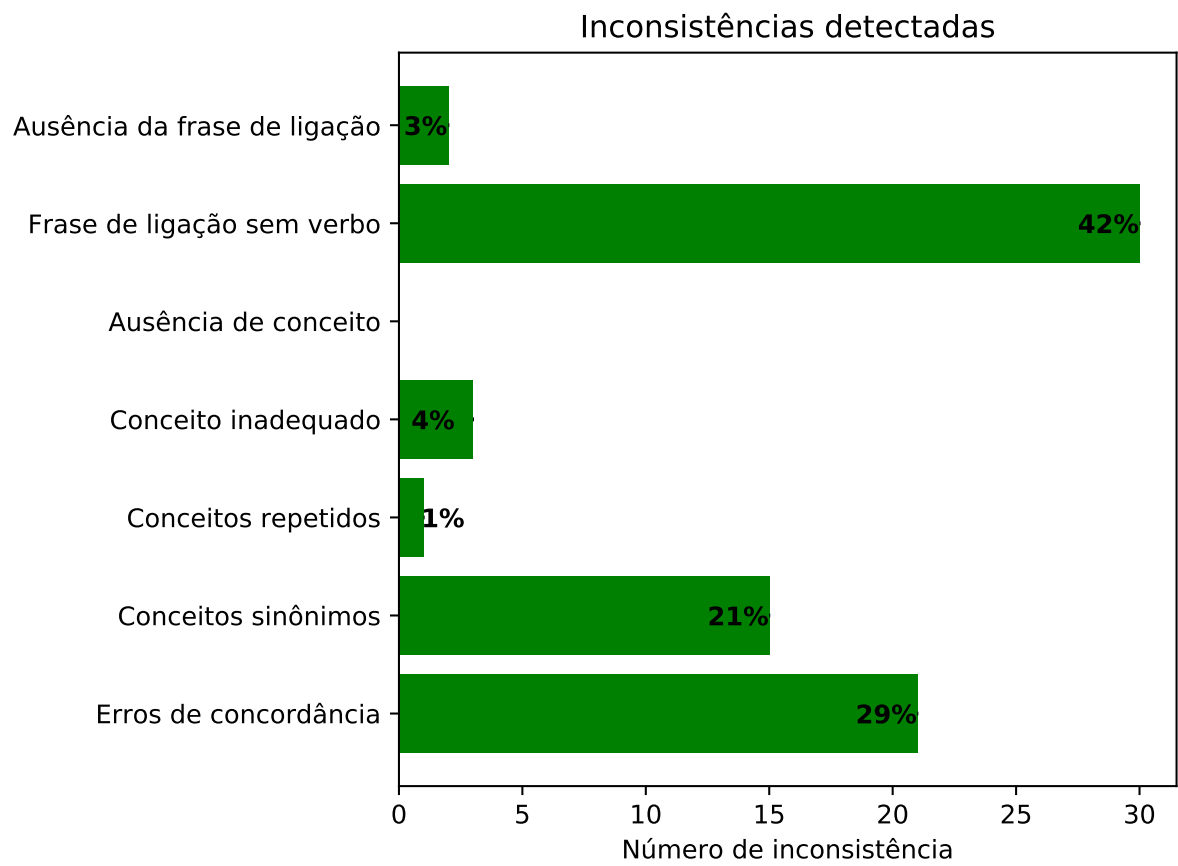


Figura 19 – Inconsistências encontradas nos mapas conceituais produzidos por alunos de pós-graduação

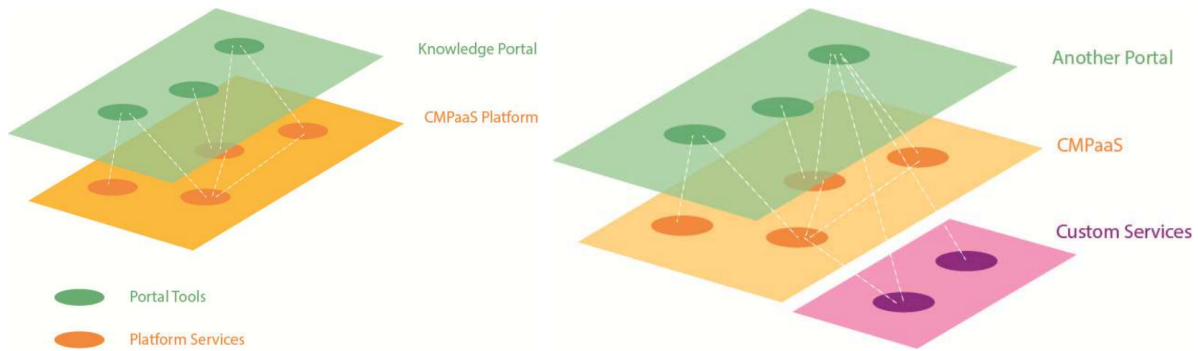


Figura 20 – Arquitetura do CMPaaS. Fonte: (PERIN, 2014)

6.1 Integrando a ferramenta com o CMPaaS

Esta seção desenvolve um estudo para avaliar e verificar a integração da ferramenta proposta com o ambiente CMPaaS (*Concept Maps Platform as a Service*).

6.1.1 O projeto CMPaaS

O CMPaaS é uma plataforma que disponibiliza serviços para quem deseja trabalhar com mapas conceituais (PERIN; CURY; MENEZES, 2015) e que está em desenvolvimento no Laboratório de Informática na Educação (LIEd) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Os serviços disponibilizados vão desde serviços básicos de edição, gestão e manipulação de mapas conceituais até serviços avançados como mesclagem (VASSOLER, 2014) e recuperação de informação nos mapas por meio de perguntas (PERIN, 2014).

A plataforma é baseada na arquitetura SOA (*Service Oriented Architecture*). Este permite construir uma solução de *software* composta por um conjunto de serviços que podem ser organizados e colocados em diferentes fluxos para que sejam invocados em momentos apropriados. Em razão disso, o CMPaaS suporta mudanças tanto na forma como os serviços são organizados quanto na inserção de novos serviços.

Além do CMPaaS, que foi construído para que outras ferramentas possam utilizar os serviços envolvendo os mapas conceituais, o LIEd desenvolveu uma interface chamada Portal do Conhecimento. Com essa interface, os usuários podem utilizar as ferramentas oferecidas pelo CMPaaS. Na Figura 20 podemos observar (a) como o Portal do Conhecimento consome os serviços disponibilizados pelo CMPaaS e (b) como ferramentas externas podem utilizar o CMPaaS e, também, integrar novos serviços a plataforma. para que os usuários possam utilizar as ferramentas oferecidas.

6.1.2 Detecção e correção de inconsistências: um novo serviço para o CMPaaS

Nos experimentos feitos na Seção 6, a ferramenta proposta foi construída utilizando a linguagem Python¹ que é uma linguagem de programação de alto nível e de propósito geral que enfatiza a legibilidade do código (ROSSUM et al., 2007). Além disso, algumas características da linguagem Python merecem destaque: possui uma sintaxe e semântica transparentes, o que a torna mais acessível para um iniciante (TUCKER; NOONAN, 2009); suporta vários paradigmas de programação como programação orientada a objetos, estruturada, funcional e orientada a aspectos (ROSSUM et al., 2007); e foi desenhada para ser altamente extensível (ROSSUM et al., 2007). Esta última característica fez com que muitas bibliotecas fossem criadas para auxiliar o desenvolvedor em tarefas específicas. Atualmente existem mais de 135 mil bibliotecas disponíveis no repositório oficial (Python community, 2018).

Para que a ferramenta de detecção e correção de inconsistências seja integrada ao CMPaaS precisamos disponibilizá-la na forma de um serviço *Web* (*web service*) seguindo a arquitetura REST (*Representation State Transfer*). Este estilo arquitetural para serviços *Web* utiliza operações do protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) para manipular os recursos disponíveis. Para isso foi utilizada a biblioteca Flask-RESTful² da linguagem Python. Essa biblioteca tem por objetivo facilitar a construção de APIs REST utilizando um conjunto mínimo de configurações. Assim, a API do serviço foi configurada para retornar as inconsistências detectadas e as sugestões de correção quando uma requisição HTTP do tipo POST for feita e o mapa for passado como parâmetro.

Uma das formas de disponibilizar esse novo serviço para o usuário final é integrá-lo com o editor de mapas conceituais presente no Portal do Conhecimento. Dessa forma, o usuário pode verificar no momento em que estiver construindo um mapa se o mesmo possui inconsistências.

O editor de mapas conceituais utilizado no Portal do Conhecimento foi construído utilizando o *plugin* GoJS³. Este foi escrito na linguagem JavaScript e fornece todas as funcionalidades básicas para edição de um mapa tais como incluir, editar e excluir conceitos e frases de ligação. Além de expor uma API para que seja possível interagir com o mapa construído como, por exemplo, alterar a cor de fundo de um conceito. Para sua utilização basta incluir o *plugin* em uma página HTML (*HyperText Markup Language*).

Dessa forma, o editor de mapas conceituais pode fazer uma requisição para o serviço passando como entrada o mapa conceitual que está sendo construído e o serviço responde com as inconsistências e correções sugeridas (Figura 21).

Na Figura 22 é apresentada a interface do editor de mapas que permite o autor

¹ <https://www.python.org/>

² <https://flask-restful.readthedocs.io/>

³ <https://gojs.net/>

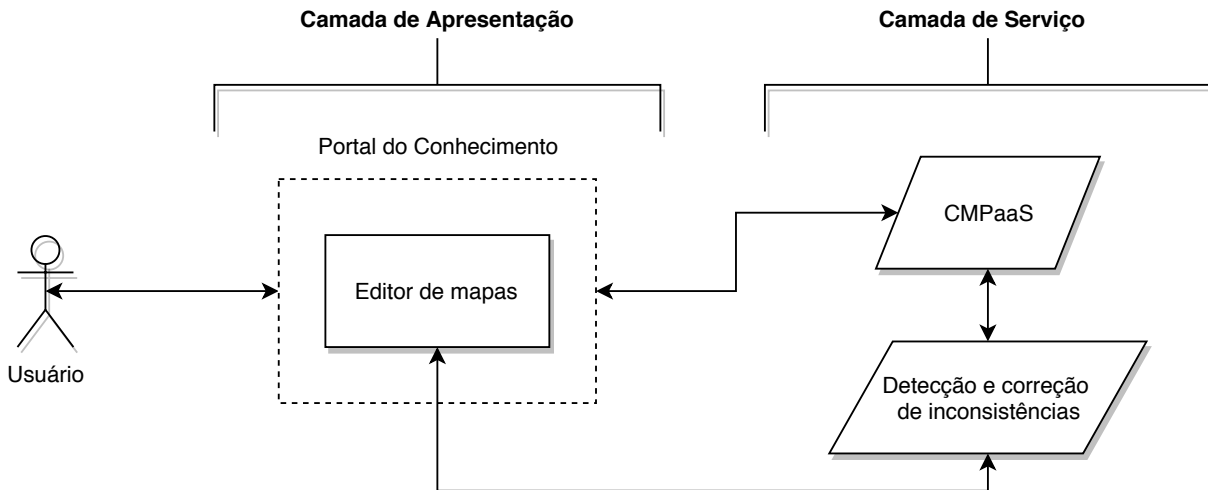


Figura 21 – Visão da integração entre o editor de mapas e o serviço de detecção e correção de inconsistências

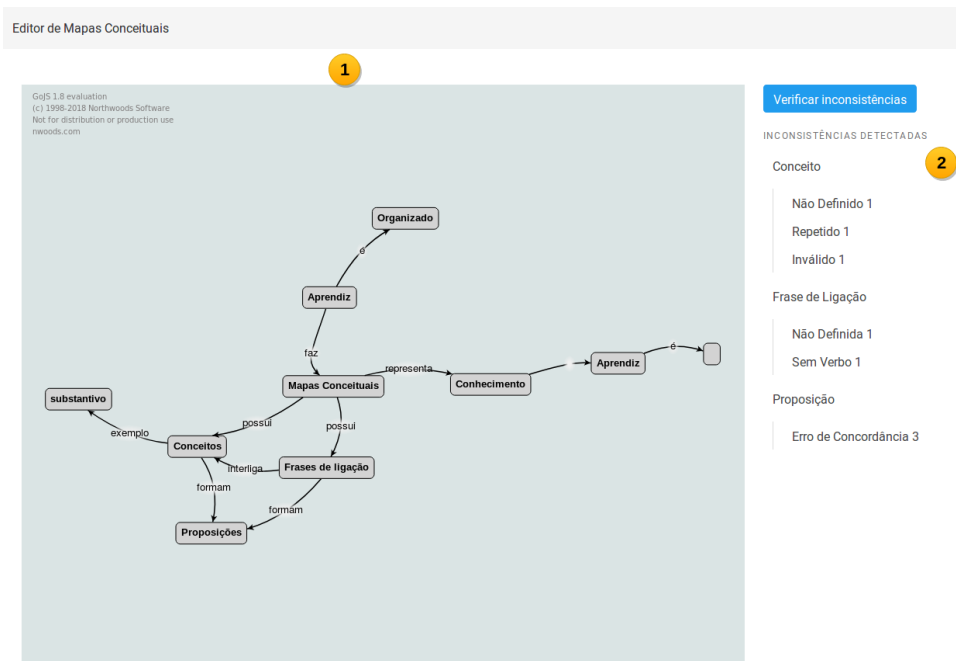


Figura 22 – Interface do editor de mapas e a lista de inconsistências

verificar as inconsistências do mapa que está sendo construído. A interface consiste das seguintes áreas: (1) editor de mapas e (2) a lista de inconsistências e correções sugeridas. O usuário pode executar as seguintes ações (a) adicionar, editar e excluir conceitos e frases de ligação, (b) verificar as inconsistências e (c) aceitar as correções sugeridas.

Ao clicar no botão “Verificar inconsistências”, é feita uma requisição para o serviço e este retorna as inconsistências que são listadas e o usuário pode clicar em alguma delas para visualizar no mapa onde ocorre. Para exemplificar, na Figura 23, o usuário clicou na inconsistência “Conceito Repetido” e os dois conceitos repetidos no mapa são destacados.

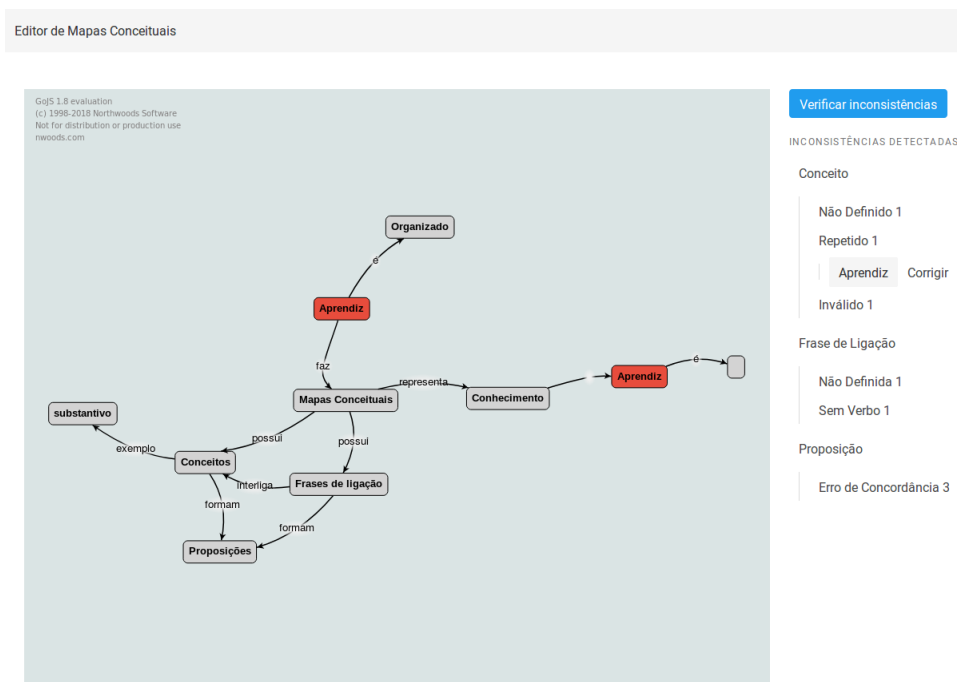


Figura 23 – Conceito repetido destacado no editor de mapas

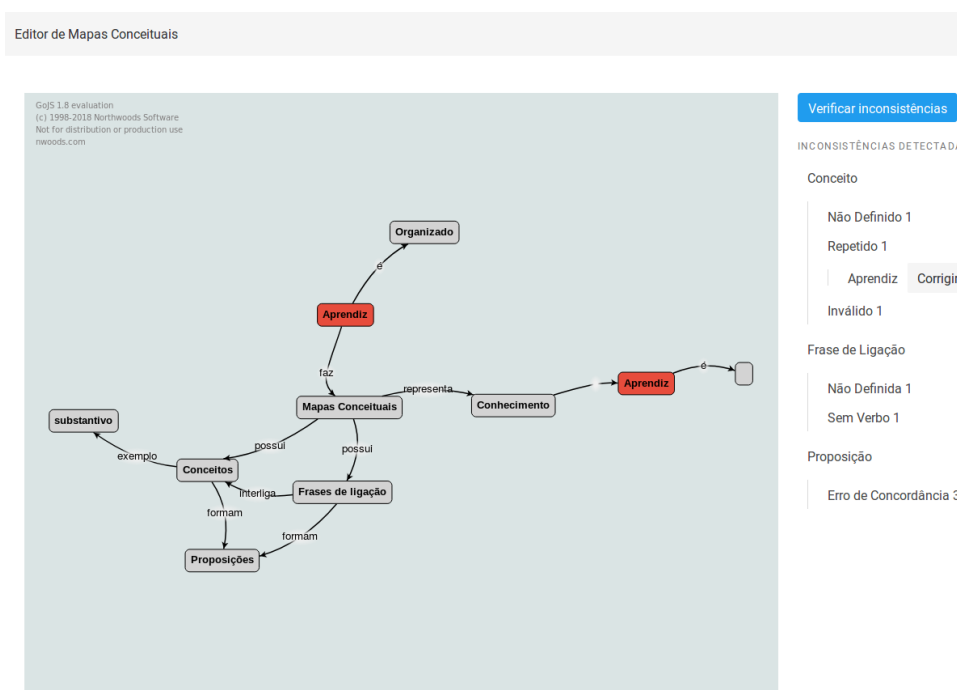


Figura 24 – O autor pode aceitar a correção sugerida por meio do botão “Corrigir”

O autor do mapa pode aceitar a correção sugerida pelo serviço ao clicar no botão “Corrigir” (Figura 24). Depois de feito isso, o mapa é apresentado ao autor com a correção (Figura 25).

A integração com um editor de mapas conceituais nos possibilita observar um caso prático de utilização do serviço de detecção e correção de inconsistências que beneficia o

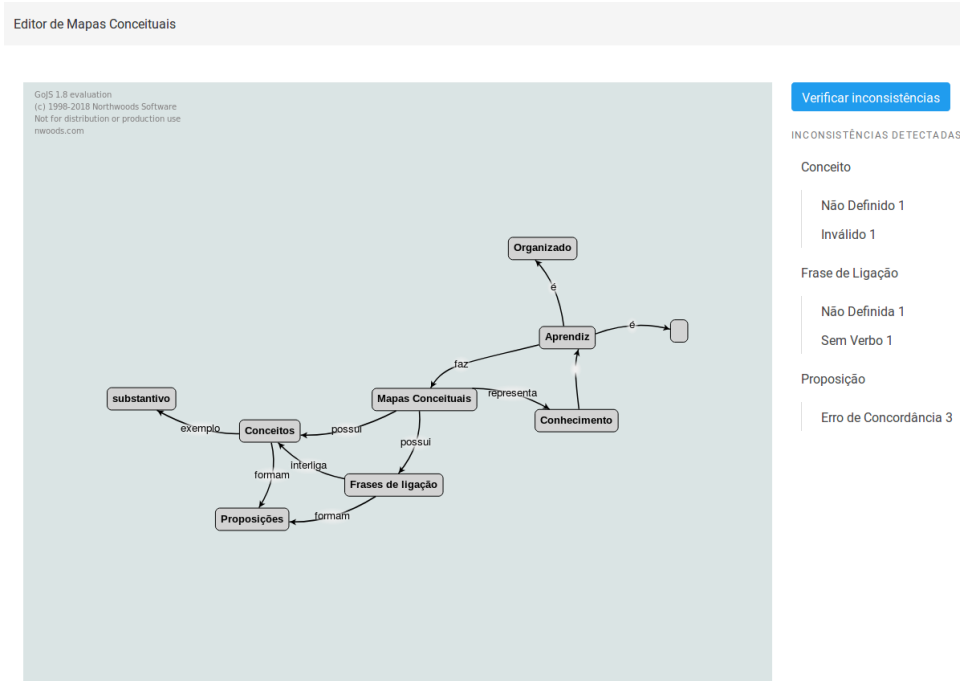


Figura 25 – Mapa depois de ter o conceito repetido removido

usuário final. Além disso, o serviço também pode ser utilizado por outras ferramentas que atuam sobre os mapas conceituais tais como mesclagem e comparação de mapas.

7 Conclusão

Esta dissertação apresentou uma ferramenta que permite identificar inconsistências em mapas conceituais e sugerir correções para algumas delas. Desse modo, a utilização da ferramenta proposta possibilita que mapas sejam construídos seguindo um mínimo de formalismo tornando-os mais fáceis de serem interpretados.

Trata-se de um treinamento indireto que pode ajudar o autor a superar as dificuldades que normalmente são enfrentadas no início do uso dos mapas conceituais. Fazendo-o planejar a construção do mapa, cuidadosamente escolher as frases de ligação e controlar o seu progresso enquanto constrói o mapa. No ambiente educacional, o professor pode se concentrar mais em identificar os conceitos assimilados pelo aprendiz e fazer intervenções que promovam a aprendizagem e não com dificuldades na elaboração dos mapas.

Uma característica que distingue a ferramenta proposta dos demais trabalhos que apoiam o autor durante sua construção do mapa é que ela verifica se as proposições são bem formadas quanto a sua estrutura, os conceitos repetidos e erros de concordância nas proposições. Utilizando-se de técnicas de PLN. Além disso, a ferramenta proposta sugere correções que podem ser feitas, ficando a critério do autor aceitar ou não.

A principal contribuição trazida por esta dissertação é a apresentação de uma abordagem para detecção e correção de inconsistências em mapas conceituais. Além disso, um catálogo de inconsistências em mapas conceituais é apresentado.

Apesar das vantagens e contribuições apresentadas pela ferramenta proposta, algumas limitações foram identificadas: dificuldade na identificação de conceitos sinônimos; correção automática de poucos tipos de inconsistências; não é feita uma análise para determinar o domínio no qual o mapa está inserido; cada análise é feita de forma independente e nenhuma informação é persistida para que seja utilizada em análises futuras.

7.1 Trabalhos futuros

Alguns trabalhos futuros são propostos visando melhorias e evolução da ferramenta apresentada. Tais como:

- Verificador de proposições equivalentes: com o objetivo de evitar a redundância no mapa, é preciso identificar se duas ou mais proposições são equivalentes. Por exemplo, a proposição Aprendiz – utiliza → Mapa Conceitual é equivalente a proposição Mapa Conceitual – é utilizado por → Aprendiz.
- Correção automática de frases de ligação sem verbo: para fazer esse tipo de correção

é sugerir um verbo que, além de fazer sentido para a proposição, ajude a responder a pergunta focal do mapa.

- Utilização de outros recursos: a ferramenta apresentada utilizou principalmente recursos de PLN para detectar e corrigir as inconsistências. Nas próximas versões, espera-se incluir outros recursos de Inteligência Artificial como *Machine Learning*, Redes Neurais, entre outras.

Referências

- AGUIAR, C. Concept maps mining for text summarization. Universidade Federal do Espírito Santo, 2017. Citado na página 24.
- AGUIAR, C. Z. *Concept Maps Mining for Text Summarization*. Dissertação (Mestrado) — Departamento de Informática, Universidade Federal do Espírito Santo, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 39.
- AGUIAR, C. Z.; CURY, D. A categorization of technological approaches to concept maps construction. In: *2016 XI Latin American Conference on Learning Objects and Technology (LACLO)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1–9. Citado na página 28.
- AGUIAR, J. G. d.; CICUTO, C. A. T.; CORREIA, P. R. M. How can we prepare effective concept maps? training procedures and assessment tools to evaluate mappers' proficiency. v. 15, p. 14–19, 01 2014. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 34.
- AGUIAR, J. G. d.; CORREIA, P. R. M. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)*, v. 13, p. 141 – 157, 2013. ISSN 1984-2686. Disponível em: <<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2469/1869>>. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 33.
- ASSIS, D. V. et al. Caracterização de uma abordagem para verificação sintática e semântica de mapas conceituais. *Proceedings of the Sixth Int. Conference on Concept Mapping*, p. 514–521, 2014. Citado na página 34.
- BARBOSA, J. L. N. et al. Introdução ao processamento de linguagem natural usando python. 2017. Citado na página 34.
- BRUZINGA, G. S.; MACULAN, B. C. M. d. S.; LIMA, G. Â. B. d. O. Indexação automática e semântica: estudo da análise do conteúdo de teses e dissertações. 2012. Citado na página 34.
- CAÑAS, A. J.; CARVALHO, M. M. Mapas Conceituais e IA: Uma União Improvável? *Brazilian Journal of Computers in Education*, v. 13, 2005. ISSN 2317-6121. Citado 4 vezes nas páginas 29, 31, 32 e 33.
- CANAS, A. J. et al. Online concept maps: Enhancing collaborative learning by using technology with concept maps. *The Science Teacher*, National Science Teachers Association, v. 68, n. 4, p. 49, 2001. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 47.
- CAÑAS, A. J. et al. Kea: A knowledge exchange architecture based on web services, concept maps and cmaptools. In: *Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping*. [S.l.: s.n.], 2006. p. 304 – 310. Citado na página 51.
- CAÑAS, A. J. et al. Cmaptools: A knowledge modeling and sharing environment. Universidad Pública de Navarra, 2004. Citado na página 31.

CAÑAS, A. J.; NOVAK, J. D. Re-examinig the foundations for effective use of concept maps. In: *Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping*. [S.l.: s.n.], 2006. p. 494 – 502. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 34.

CAÑAS, A. J.; NOVAK, J. D.; REISKA, P. Freedom vs. restriction of content and structure during concept mapping - possibilities and limitations for construction and assessment. In: *Proceedings of the Fifth International Conference on Concept Mapping*. [S.l.: s.n.], 2012. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 34.

CAVALCANTI, R. R. G. *Desenvolvimento e aplicação de um método de análise de mapas conceituais com o objetivo de acompanhar mudanças na compreensão de um grupo de alunos sobre o tema Equilíbrio Químico*. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, 2011. Citado na página 37.

CAÑAS, A. J. et al. Mining the web to suggest concepts during concept map construction. *Proceedings of the First Int. Conference on Concept Mapping*, p. 135–142, 2004. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 47.

Centro de Competência em Software Livre. *CoGrOO — Corretor Gramatical acoplável ao LibreOffice*. 2013. <<http://cogroo.sourceforge.net/>>. [Online; acessado em 15 de Abril de 2018]. Citado na página 53.

CICUTO, C. A. T.; CORREIA, P. R. M. Estruturas Hierárquicas Inapropriadas ou Limitadas em Mapas Conceituais: um ponto de partida para promover a aprendizagem significativa. *III Aprendizagem Significativa em Revista*, p. 1–11, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 34.

CICUTO, C. A. T. et al. Quais são os aspectos críticos para elaboração de bons mapas conceituais? *VII Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química*, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 33.

CONCEIÇÃO, A. N. *Estudos sobre o uso de mapas conceituais na avaliação da aprendizagem: a importância da tarefa*. Dissertação (Mestrado) — Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-06012017-143248/>>. Acesso em: 28 nov. 2017. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 29.

CONCEIÇÃO, A. N. *Estudos sobre o uso de mapas conceituais na avaliação da aprendizagem: a importância da tarefa*. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, 2016. Citado na página 37.

CONRADTY, C.; BOGNER, F. X. Implementation of concept mapping to novices: reasons for errors, a matter of technique or content? *Educational Studies*, Routledge, v. 36, n. 1, p. 47–58, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/03055690903148605>>. Citado na página 33.

GASPAR, W.; AGUIAR, C. Z.; CURY, D. Mapas conceituais de referência: Uma abordagem do ponto de vista do educador. v. 13, p. 150–159, 2017. Citado na página 32.

HADDAWAY, N. R. The use of web-scraping software in searching for grey literature. *Grey J*, v. 11, n. 3, p. 186–90, 2015. Citado na página 35.

- HILBERT, T. S.; RENKL, A. Concept mapping as a follow-up strategy to learning from texts: what characterizes good and poor mappers? *Instructional Science*, v. 36, n. 1, p. 53–73, Jan 2008. ISSN 1573-1952. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11251-007-9022-9>>. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 34.
- HWANG, G.-J. et al. Effects of an integrated concept mapping and web-based problem-solving approach on students' learning achievements, perceptions and cognitive loads. *Computers & Education*, Elsevier, v. 71, p. 77–86, 2014. Citado na página 33.
- JUNIOR, J. G. R. *Mapas Conceituais no Ensino de Ciências: Identificação de Proposições Estáticas e Dinâmicas para Expressar as Relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade*. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Citado na página 28.
- KINOSHITA, J.; SALVADOR, L. d. N.; MENEZES, C. E. D. Cogroo—um corretor gramatical para a língua portuguesa, acoplável ao openoffice. In: *Proc. of Latin American Informatics Conf., Cali, Colombia*. [S.l.: s.n.], 2005. Citado na página 53.
- LAMAS, F. et al. Comparando mapas conceituais utilizando correspondência de grafos. *XVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, p. 24–27, 2005. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 28.
- LOVATI, M. et al. Clusterizando mapas conceituais para identificar desempenho cognitivo em grupos. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [S.l.: s.n.], 2017. v. 28, n. 1, p. 1397. Citado na página 32.
- MACHION, A. C. G. *Uso de ontologias e mapas conceituais na descoberta e análise de objetos de aprendizagem: um estudo de caso em eletrostática*. Tese (Doutorado) — Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/45/45134/tde-06042009-122508/publico/tese.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2017. Citado na página 29.
- NOVAK, A. J. C. J. D. *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them*. [S.l.], 2006. Citado 7 vezes nas páginas 15, 27, 28, 29, 30, 31 e 33.
- NOVAK, J.; CAÑAS, A. The origins of the concept mapping tool and the continuing evolution of the tool. v. 5, p. 175–184, 09 2006. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.
- PÉREZ, C. C. C.; VIEIRA, R. Mapas Conceituais: geração e avaliação. *III Workshop em Tecnologia da Informação e da Linguagem Humana*, n. 4, 2005. Citado 3 vezes nas páginas 27, 29 e 41.
- PERIN, W.; CURY, D.; MENEZES, C. de. imap & cmpaas de ferramenta a plataforma de operações com mapas conceituais. In: *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*. [S.l.: s.n.], 2015. v. 4, n. 1, p. 43. Citado na página 60.
- PERIN, W. d. A. *iMap - Um Mecanismo de Inferência para Mapas Conceituais*. Dissertação (Mestrado) — Departamento de Informática, Universidade Federal do Espírito Santo, 2014. Citado 3 vezes nas páginas 15, 31 e 60.
- PERIN, W. d. A. et al. Construindo mapas conceituais utilizando a abordagem imap. *Computer on The Beach*, p. 208–218, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 28.

- PINOTTE, G. N. *Uma Abordagem Ontológica para Representação e Construção de Conhecimento a partir de Mapas Conceituais*. Dissertação (Mestrado) — Departamento de Informática, Universidade Federal do Espírito Santo, 2016. Citado na página 31.
- Python community. *PyPI — the Python Package Index, Python Package Index*. 2018. <<https://pypi.python.org/pypi>>. [Online; acessado em 15 de Abril de 2018]. Citado na página 61.
- REICHHERRZER, T. R. et al. The giant: A classroom collaborator. In: *Proceedings of the Workshop on Pedagogical Agents, San Antonio, TX*. [S.l.: s.n.], 1998. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 47.
- ROSSUM, G. V. et al. Python programming language. In: *USENIX Annual Technical Conference*. [S.l.: s.n.], 2007. v. 41, p. 36. Citado na página 61.
- SOMMERVILLE, I. *Engenharia de software*. PEARSON BRASIL, 2011. ISBN 9788579361081. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=H4u5ygAACAAJ>>. Citado na página 49.
- SOUZA, N. A. d.; BORUCHOVITCH, E. Mapas conceituais: estratégia de ensino/aprendizagem e ferramenta avaliativa. *Educação em Revista*, scielo, v. 26, p. 195 – 217, 12 2010. ISSN 0102-4698. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-46982010000300010&nrm=iso>. Citado na página 29.
- TAVARES, R.; LUNA, G. Mapas Conceituais: Uma Ferramenta Pedagógica na Consecução do Currículo. *I Colóquio Internacional de Políticas Curriculares*, 2003. Citado na página 28.
- TOMITA, L. M. S. *Ensino de Geografia: Aprendizagem Significativa por meio de Mapas Conceituais*. Dissertação (Mestrado) — Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 37.
- TUCKER, A.; NOONAN, R. *Linguagens de programação: princípios e paradigmas*. [S.l.]: McGraw-Hill, 2009. 9 p. ISBN 9788577260447. Citado na página 61.
- VASSOLER, G. A. *MERGE MAPS: um mecanismo computacional para mesclagem de mapas conceituais*. Dissertação (Mestrado) — Departamento de Informática, Universidade Federal do Espírito Santo, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 60.
- VASSOLER, G. A.; PERIN, W. d. A.; CURY, D. Mergemaps – a computational tool for merging of concept maps. *Proceedings of the Sixth Int. Conference on Concept Mapping*, p. 717–720, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 28.
- VIEIRA, R.; LIMA, V. L. Linguística computacional: princípios e aplicações. In: SN. *Anais do XXI Congresso da SBC. I Jornada de Atualização em Inteligência Artificial*. [S.l.], 2001. v. 3, p. 47–86. Citado 3 vezes nas páginas 34, 35 e 53.