
Caracterização das Abordagens para Construção (Semi) Automática de Mapas Conceituais

Juliana H. Kowata¹, Davidson Cury¹, Maria Claudia Silva Boeres¹

¹ Departamento de Informática – Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
Av. Fernando Ferrari, 514, Campus de Goiabeiras – 29.075-910 – Vitória – ES – Brasil

juliana.kowata@gmail.com, {dede, boeres}@inf.ufes.br

***Abstract.** Concept Maps are graphical tools for knowledge organization and representation. In this decade, we have seen an increasing interest in building concept maps from data sources by applying computational resources, setting out to overcome the issues of construct them from scratch. Nevertheless, we have observed an absence of consistent references which could allow a unified vision of this research field. Therefore, considering this gap, we put forward, in this article, a set of features to analyze (semi) automatic approaches for building concept maps. This article is a part in a research concerned with concept maps usages in e-learning.*

***Resumo.** Mapas Conceituais são ferramentas gráficas para organização e representação de conhecimento. Nesta década, houve um crescente interesse pela construção de mapas conceituais a partir de fontes de dados como forma de superar as dificuldades de construção a partir do “zero”. Identificamos, contudo, a ausência de referências consistentes que permitissem a caracterização desta área de pesquisa. Portanto, com o intuito de preencher esta lacuna, propomos uma série de características para análise das abordagens de construção (semi) automática de mapas conceituais. Este artigo é parte integrante de uma pesquisa que investiga o uso de mapas conceituais em ambientes virtuais de aprendizagem.*

***Palavras-Chaves.** Mapas Conceituais.*

1 Introdução

Mapas Conceituais são ferramentas gráficas para organização e representação de conhecimento. Os elementos constituintes de um mapa conceitual são os conceitos, normalmente representados por círculos ou retângulos com rótulos internos, e os relacionamentos que conectam dois conceitos por meio de um segmento de reta rotulado [Novak e Cañas 2006b].

Embora lápis e papel sejam suficientes para a construção de mapas conceituais, as interações sem o apoio de ferramentas computacionais são, em geral, complexas e exaustivas. Portanto, a introdução de programas de software destinados ao desenho de mapas conceituais estabeleceu um novo patamar de qualidade na experiência de construção. A popularização da Internet possibilitou o surgimento de uma geração de ferramentas verdadeiramente colaborativas e ampliou os horizontes e as perspectivas para uso de mapas conceituais [Novak e Cañas 2006a].

Nesta década, houve um crescente interesse da comunidade acadêmica pela aplicação de recursos computacionais para a construção de mapas conceituais a partir de um conjunto de dados previamente definido. As pesquisas científicas nesta área concentram-se na busca pela independência do auxílio humano no processo de construção de mapas conceituais, como forma de superar as dificuldades de construção a partir do “zero” [Chang et al. 2008] e para a redução de tempo e esforços para a aquisição de conhecimento [Lee et al. 2009] [Tseng et al. 2007], sobretudo, em domínios de conhecimento extensos [Valerio e Leake 2006] e dependentes de especialistas [Chang et al. 2008]. Embora considerável parcela destas pesquisas se autodenomine de “*construções automáticas*”, entendemos como mais adequado o emprego da expressão “*construção (semi) automática*”, dado o momento em que se encontram tais abordagens, ainda significativamente dependentes de intervenções humanas ao longo do processo de construção.

As principais abordagens para a construção de mapas conceituais a partir de fontes de dados são motivadas por questões de ordem didática: como o uso de mapas conceituais como instrumentos no processo de ensino e aprendizagem [Alves et al. 2001] [Clariana e Koul 2004] [Lau et al. 2008], na definição de estratégias pedagógicas [Chang et al. 2008] [Chen et al. 2008] [Bai e Chen 2008] [Lee et al. 2009] [Tseng et al. 2007], na avaliação de desempenho de estudantes [Graudina e Grundspenkis 2008] [Villalon e Calvo 2008]. Outras pesquisas são inspiradas pela necessidade de: representar conhecimentos sob uma perspectiva favorável à análise de especialistas de domínio [Kumazawa et al. 2009], como forma de aquisição de conhecimentos de domínio [Zouaq e Nkambou, 2008] [Zouaq e Nkambou 2009] [Pérez e Vieira 2004] [Pérez e Vieira 2005], para resumir o conteúdo de extensas bibliotecas digitais [Richardson e Fox 2007] e para exploração e compartilhamento de documentos digitais [Gaines e Shaw 1994] [Valerio e Leake 2006]. Particularmente, interessamo-nos pelo uso de Mapas Conceituais no contexto educacional, especificamente, em ambientes virtuais de aprendizagem. Ao longo de nossas pesquisas, identificamos a ausência de referências consistentes que permitissem a caracterização das abordagens para a *Construção (Semi) Automática de Mapas Conceituais*. Portanto, com o intuito de preencher esta lacuna, propomos, neste artigo, a caracterização da pesquisa neste campo apoiados na revisão bibliográfica de publicações do meio acadêmico ocorridas entre os anos de 1994 e 2009 que, explicitamente, declaram a intenção de produzir Mapas Conceituais de modo automático ou semiautomático.

Este artigo encontra-se estruturado da seguinte forma: na seção 2 há uma breve descrição das particularidades que tornam os mapas conceituais representações singulares; na seção 3, é conduzida a caracterização para abordagens de construção (semi) automática de Mapas Conceituais e na seção 4 o artigo é encerrado com observações decorrentes desta pesquisa.

2 Mapas Conceituais: Estrutura e Fundamentação Teórica

Os Mapas Conceituais são singulares em relação a outras representações de conhecimento devido à *fundamentação teórica*, à *topologia semi-hierárquica*, à existência de *relações rotuladas* e à forma de *definição* dos vértices [Cañas et al. 2003].

Novak e Gowin (1984) fundamentam os Mapas Conceituais na *Teoria da Aprendizagem Significativa* que considera que a estrutura cognitiva de cada indivíduo

consiste em um espaço organizado e hierarquizado. No processo de aprendizagem, o indivíduo estabelece conexões proposicionais entre os novos conceitos e ideias e o conhecimento existente por meio de mecanismos de “*ancoragem*” [Canãs et al. 2003]. Das premissas teóricas derivam-se as características estruturais e a dinâmica para construção dos Mapas Conceituais: a) conceitos são organizados de forma semi-hierárquica em que os conceitos específicos “ancoram-se” aos conceitos gerais; b) conceitos são rotulados por meio de um número reduzido de palavras que definem “uma regularidade percebida em objetos e eventos”; c) a relação entre dois conceitos deve ser rotulada de modo que uma proposição seja elaborada.

3 Caracterização das Abordagens para Construção de Mapas Conceituais

Ao longo desta seção, definimos um conjunto de características para análise das abordagens para construção (semi) automática de mapas conceituais. As características foram agrupadas em perspectivas relacionadas aos **objetivos estabelecidos**, à **fonte de dados** utilizada pelas pesquisas e aos **mapas conceituais construídos**.

3.1 Objetivos estabelecidos

Os objetivos estabelecidos por uma abordagem para construção de mapas conceituais definem os parâmetros para seleção das fontes de dados e direcionam a construção do mapa conceitual. Os objetivos podem ser de cunho **educacional**, **analítico** ou **computacional**.

As abordagens com **objetivos educacionais** permitem que tanto educadores quanto estudantes utilizem os mapas conceituais construídos como ferramentas complementares no processo de ensino e aprendizagem. Dentre as abordagens estão as que incentivam construções interativas de mapas conceituais [Alves et al. 2001] [Clariana e Koul 2004], as que permitem a educadores o acompanhamento da compreensão de estudantes sobre um determinado conteúdo em ambientes tradicionais de ensino [Graudina e Grundspenkis 2008] ou em ambientes virtuais de aprendizagem [Lau et al. 2008] e as que resumem e disponibilizam conteúdos eletrônicos [Richardson e Fox 2007] [Richardson et al. 2008].

As abordagens com **objetivos analíticos** permitem que especialistas de domínio utilizem mapas conceituais para exploração, análise e definição de padrões de comportamento minerados a partir de grandes quantidades de dados. É o caso das abordagens que investigam históricos de estudantes em busca de padrões de aprendizado [Bai e Chen, 2008] [Chang et al. 2008] [Chen et al. 2008] [Lee et al. 2009] [Tseng et al. 2007], das que organizam informações para especialistas de domínio [Gaines e Shaw 1994] [Kumazawa et al. 2009] [Pérez e Vieira 2004] [Pérez e Vieira 2005] e das que propõem ferramentas para navegação, análise e pesquisa em bibliotecas eletrônicas [Valerio e Leake 2006].

As abordagens com **objetivos computacionais** permitem que softwares manipulem os mapas conceituais produzidos como fontes para aquisição de conhecimento. Estão nesta categoria os trabalhos de Zouaq e Nkambou (2008) (2009) que usam os mapas conceituais como representações intermediárias para a construção de ontologias de domínio.

3.2 Fonte de Dados Referenciada

A fonte de dados referenciada pode ser classificada em relação ao **domínio**, à **natureza estrutural** e os **métodos** utilizados para sua manipulação. Na existência de mais de uma fonte referenciada pela abordagem, consideramos a natureza da fonte primária, dos quais são extraídos conceitos e relações, em detrimento de fontes auxiliares, geralmente de caráter lexical, consultadas em atividades complementares, como, por exemplo, para a desambiguação de palavras, para a identificação de sinônimos ou classes gramaticais.

3.2.1 Delimitação de Domínio

A construção de um mapa conceitual envolve a seleção de uma questão focal delimitada a um domínio de conhecimento [Novak e Cañas 2006b]. Segundo o domínio, uma abordagem pode ser considerada **independente de domínio** ou **específica de domínio**.

As abordagens **independentes de domínio** não restringem a construção de mapas conceituais a um domínio específico e nem requerem conhecimento prévio sobre o mesmo. Nesta categoria se enquadram os trabalhos de Alves et al. (2001), Pérez e Vieira (2004) (2005) e Valerio e Leake (2006).

As abordagens **específicas de domínio** manipulam fontes de dados pertencentes a um domínio específico, tais como: *E-learning* [Chen et al. 2008] e Informática aplicada à Educação [Zouaq e Nkambou 2008] [Zouaq e Nkambou 2009], Fisiologia e Funcionamento do Coração Humano [Clariana e Koul 2004], Sistemas de Manufatura apoiados por Computador [Gaines e Shaw 1994], Ciência da Computação [Graudina e Grundspenkis 2008] [Richardson e Fox 2007] [Richardson et al. 2008], Ciência da Sustentabilidade [Kumazawa et al. 2009]. Os trabalhos de Bai e Chen (2008), Chang et al. (2008), Lau et al. (2008), Lee et al. (2009) e Tseng et al. (2007) não são, necessariamente, direcionados a um domínio específico, entretanto a independência de conhecimento prévio do domínio é comprometida quando a abordagem adota o planejamento prévio de questões focais e a identificação de conceitos associados.

3.2.2 Natureza Estrutural

A organização dos dados define a natureza estrutural de uma fonte de dados. Sob esta ótica, uma fonte pode ser **estruturada** ou **não-estruturada**.

Os dados de **fontes não-estruturadas** são representados por meio da linguagem natural. As abordagens baseadas em fontes não-estruturadas utilizam textos em linguagem natural como fonte primária para a extração de elementos do mapa conceitual. Dentre as abordagens analisadas, encontram-se textos produzidos por especialistas de domínio [Alves et al. 2001] [Gaines e Shaw 1994] [Valerio e Leake 2006] [Zouaq e Nkambou 2008] [Zouaq e Nkambou 2009], a produção textual de estudantes em resposta a questionários [Chang et al. 2008] ou a partir de um tema proposto [Clariana e Koul 2004], textos de natureza científica, como artigos acadêmicos [Chang et al. 2008] e resumos de teses e dissertações eletrônicas [Richardson et al. 2008], mensagens postadas em fóruns de discussão [Lau et al. 2008], textos jornalísticos e didáticos [Pérez e Vieira 2004] [Pérez e Vieira 2005].

As **fontes de dados estruturadas** apresentam dados organizados com algum nível de formalismo. Implementações para modelos conceituais e de ontologias de domínio são exemplos de fontes de dados estruturadas e estão presentes nas abordagens

que utilizam respostas tabuladas de estudantes de [Bai e Chen 2008] [Lee et al. 2009] [Tseng et al. 2007] e nas que utilizam ontologias de domínio [Graudina e Grundspenkis 2008] [Kumazawa et al. 2009].

3.2.3 Métodos de Manipulação

O vínculo entre os métodos e técnicas computacionais aplicados na construção (semi) automática de mapas conceituais e a natureza estrutural da fonte de dados determina a distinção dos **métodos para fontes de dados não-estruturadas** dos **métodos para fontes de dados estruturadas**.

Os métodos que utilizam fontes de dados não-estruturadas guardam um estreito relacionamento com o campo do Processamento de Linguagem Natural e todos eles poderiam, sob este critério, serem igualmente denominados de métodos baseados em métodos linguísticos. Entretanto, a presença de técnicas de manipulação linguística não é condição suficiente na definição da natureza técnica da abordagem [Manzano-Macho e Gómez-Pérez 2005]. Por isso, a caracterização considera a principal técnica utilizada na descoberta de conhecimento de textos. Os métodos são qualificados entre **Métodos Linguísticos**, **Métodos Estatísticos**, **Métodos de Aprendizagem de Máquina** e, na impossibilidade de uma classificação única, há os **Métodos Híbridos** [Zouaq e Nkambou 2009].

Os **Métodos Linguísticos** são caracterizados pelo uso de técnicas de linguística computacional [Manzano-Macho e Gómez-Pérez 2005] que utilizam recursos de análise morfológica, sintática, semântica, pragmática e do discurso. Tais técnicas são extremamente relacionadas com as características estruturais dos textos e baseiam-se, principalmente, na identificação de padrões linguísticos, na detecção de termos por meio de gramáticas que definem regras sintáticas, na definição de papéis temáticos e no reconhecimento de entidades nomeadas. De forma geral, os métodos linguísticos são mais precisos do que os Métodos Estatísticos, mas normalmente requerem o auxílio de bases de conhecimentos externos, tais como dicionários, thesaurus e banco de dados lexicais [Zouaq e Nkambou 2009]. Neste grupo estão abordagens de Pérez e Vieira (2004) (2005), Richardson e Fox (2007) e Richardson et al. (2008).

Os **Métodos Estatísticos** utilizam técnicas baseadas em indicadores quantitativos [Manzano-Macho e Gómez-Pérez, 2005]. De forma geral, tais técnicas produzem informações que permitem a análise da frequência de um termo e co-ocorrências entre termos em documentos ou *corpus*. As técnicas mais populares são a análise de frequência de repetição de termos ou padrões de palavras, o cálculo de pesos que indicam a relevância de termos em um conjunto de documentos (TF-IDF) e técnicas de agrupamento de documentos (clusterização). A grande contribuição dos métodos estatísticos está na relativa simplicidade de manipulação do documento, independente de conhecimento sobre as estruturas linguísticas das sentenças. O aspecto negativo a ser destacado é a imprevisibilidade dos resultados e a inadequação na representação semântica das sentenças [Zouaq e Nkambou 2009]. Neste grupo estão abordagens de Gaines e Shaw (1994) e de Clariana e Koul (2004).

Os **Métodos de Aprendizagem de Máquina** utilizam técnicas de aprendizagem de máquina para a extração de elementos do texto. São técnicas que aplicam vários algoritmos para apoiar a descoberta de conceitos e suas relações [Manzano-Macho e Gómez-Pérez 2005] e são normalmente utilizados em conjunto com métodos

estatísticos. Exemplos de métodos de aprendizagem de máquina podem ser encontrados nos algoritmos utilizados na descoberta de elementos co-ocorrentes e que podem caracterizar regras de associação, na identificação de palavras-chaves e taxonomias entre elementos [Zouaq e Nkambou 2009].

Os **Métodos Híbridos** caracterizam-se pela combinação de técnicas linguísticas, técnicas de aprendizagem de máquina e técnicas estatísticas de forma que não se pode precisar a técnica dominante. As abordagens híbridas estão presentes em Alves et al. (2001), Lau et al. (2008), Valerio e Leake (2006) e Zouaq e Nkambou (2008) (2009)

Os métodos que utilizam fontes de dados estruturadas, geralmente, aplicam **Métodos de Mapeamento de Elementos** ou **Métodos de Recuperação de Dados**.

O uso de **Métodos de Mapeamento de Elementos** requer a existência de formalismos na fonte de dados propiciando o mapeamento de elementos da representação formal em elementos correspondentes a conceitos e relações de mapas conceituais. Esta é a abordagem utilizada em Graudina e Grundspenkis (2008) e Kumazawa et al. (2009) que realizam o mapeamento de conceitos, propriedades e associações existentes em ontologias de domínio para elementos de mapas conceituais.

As abordagens de Bai e Chen (2008), Chen et al. (2008), Lee et al. (2009), Tseng et al. (2007) não requerem grande esforço na identificação de conceitos de um mapa conceitual porque os definem no momento em que estabelecem uma questão focal. Portanto, nestas abordagens usam-se **Métodos de Recuperação de Dados** para recuperação de conceitos armazenados na fonte de dados.

3.3 Mapas Construídos

O mapa conceitual construído pode ser analisado considerando a **aparência gráfica**, a **completude** em relação à definição de mapa conceitual, a **forma de construção** e os mecanismos propostos para **avaliação** de sua qualidade.

A **aparência gráfica** de um mapa conceitual pode ser diretamente qualificada na forma de árvore ou grafo, de acordo com as definições básicas destas estruturas na área de Teoria dos Grafos [Diestel 2005].

Quanto à **completude**, um mapa conceitual pode ser analisado em relação à aderência aos elementos definidos na Teoria de Mapas Conceituais, caracterizando-se em um mapa **completo** ou **incompleto**. Em mapas conceituais ditos incompletos, proposições não podem ser identificadas, pois não há rótulos para as relações ou sua semântica é insuficiente para o propósito de gerar proposições, ao contrário dos mapas completos nos quais as proposições são claramente definidas.

Quanto à **forma de construção**, as abordagens variam na proposta para a construção de representações gráficas. Algumas apresentam recursos automáticos e nativos, outras utilizam recursos para integração a ferramentas de terceiros ou simplesmente não entram no mérito da construção gráfica. Na construção de representação **automática**, a abordagem apresenta um recurso nativo que constrói o mapa conceitual visualmente, sem a intervenção humana nesta construção. Dentre as abordagens que se enquadram nesta categoria estão a de Bai e Chen (2008), Chang et al. (2008), Chen (2008), Kumazawa (2009), Lau et al. (2008), Lee et al. (2009), Tseng et al. (2007) e Zouaq e Nkambou (2008) (2009). Na forma **semiautomática**, a abordagem gera um conjunto de proposições que podem ser importadas por ferramentas de

representação visual, como observado em Alves et al. (2001), Clariana e Koul (2004), Gaines e Shaw (1994), Graudina e Grundspenkis (2008), Richardson e Fox (2007), Richardson et al. (2008). Já na **construção manual**, as abordagens extraem apenas os conceitos e as relações, mas não definem proposições. Por isso, o mapa deve ser construído manualmente em uma ferramenta apropriada, como em Valerio e Leake (2006).

Quanto à **Avaliação**, que consiste na validação de proposições no mapa conceitual e de elementos estruturais do mapa conceitual construído, ela pode ser tanto **Subjetiva** quanto **Objetiva**. A avaliação subjetiva é conduzida por meio de especialistas humanos que utilizam seus próprios critérios na validação do mapa conceitual, impossibilitando uma avaliação uniforme e independente do especialista. As abordagens analisadas utilizam quase que exclusivamente esta abordagem. A avaliação objetiva pode ser conduzida tanto por especialistas humanos quanto por recursos computacionais, pois se baseiam em critérios de pontuação, originalmente definidos por Novak e Gowin, para proposições válidas, níveis de hierarquia, número de ramificações, existência de *cross-links* e exemplos específicos [Novak e Gowin 1984].

Uma síntese das abordagens pode ser encontrada na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização das Abordagens para Construção (Semi) Automática de Mapas Conceituais

Abordagem		Fonte de Dados			Mapa Construído		
Referência	Objetivo	Domínio	Estrutura	Método	Construção	Leiaute Completude	Avaliação
Alves et al. (2001)	Educacional	Independente de Domínio	Não estruturada	Método Híbrido	Semi	Grafo Completo	Subjetiva
Bai et al (2008)	Analítico	Específica de Domínio	Estruturada	Recuperação de Dados	Automática	Grafo Incompleto	Informação não disponível
Chang et al. (2008)	Analítico	Específica de Domínio	Não estruturada	Método Estatístico	Automática	Árvore Incompleto	Informação não disponível
Chen et al. (2008)	Analítico	Específica de Domínio	Não estruturada	Método Estatístico	Automática	Grafo Incompleto	Subjetiva
Clariana e Koul (2004)	Educacional	Específica de Domínio	Não estruturada	Método Estatístico	Semi	Grafo Incompleto	Objetiva
Gaines e Shaw (1994)	Analítico	Específica de Domínio	Não estruturada	Método Estatístico	Semi	Grafo Incompleto	Subjetiva
Graudina e Grundspenkis (2008)	Educacional	Específica de Domínio	Estruturada	Mapeamento de Elementos	Semi	Grafo Incompleto	Subjetiva
Kumazawa et al. (2009)	Analítico	Específica de Domínio	Estruturada	Mapeamento de Elementos	Automática	Grafo Incompleto	Subjetiva
Lau et al. (2008)	Educacional	Específica de Domínio	Não estruturada	Método Híbrido	Automática	Grafo Incompleto	Subjetiva
Lee et al. (2009)	Analítico	Específica de Domínio	Estruturada	Recuperação de Dados	Automática	Grafo Incompleto	Subjetiva
Pérez e Vieira (2004)(2005)	Educacional	Independente de Domínio	Não estruturada	Método Linguístico	Informação não disponível	Grafo Completo	Subjetiva
Richardson e Fox (2007); Richardson et al. (2008)	Educacional	Específica de Domínio	Não estruturada	Método Linguístico	Semi	Grafo Completo	Subjetiva
Tseng et al. (2007)	Educacional	Específica de Domínio	Estruturada	Recuperação de Dados	Automática	Grafo Incompleto	Subjetiva
Valerio e Leake (2006)	Analítico	Independente de Domínio	Não estruturada	Método Híbrido	Manual	Grafo Completo	Subjetiva
Zouaq e Nkambou (2008)(2009)	Computacional	Específica de Domínio	Não estruturada	Método Híbrido	Automática	Grafo Completo	Subjetiva

A partir do uso das características definidas para análise das abordagens, como exibido na Tabela 1, tornamos possível uma compreensão mais aprofundada das pesquisas na área de Construção (Semi) Automática de Mapas Conceituais, por meio de uma série de gráficos analíticos (Figura 1). Entre as observações relevantes para esta pesquisa, constatamos que 14 (93,4%) das 15 abordagens destinam-se à produção de mapas conceituais para leitores humanos, considerando-se a soma dos objetivos analíticos (46,7%) e educacionais (46,7%). Importante notar que a avaliação subjetiva do mapa conceitual construído está presente em 12 abordagens (80%), conforme Figura 1 (a). Há interesse significativo na utilização de fontes de dados não estruturadas em 10 (66,67%) das abordagens. Os métodos híbridos (26,66%) e estatísticos (26,66%) são adotados em mais abordagens do que os métodos puramente linguísticos (13,33%), conforme Figura 1 (b). Apenas 5 (33,33%) abordagens construíram mapas conceituais completos, conforme a Figura 1 (c). Os mapas conceituais resultantes destas abordagens apresentam-se na forma de grafos e foram gerados por métodos linguísticos e híbridos. Os métodos estatísticos e híbridos são usados em 54% das abordagens analisadas.

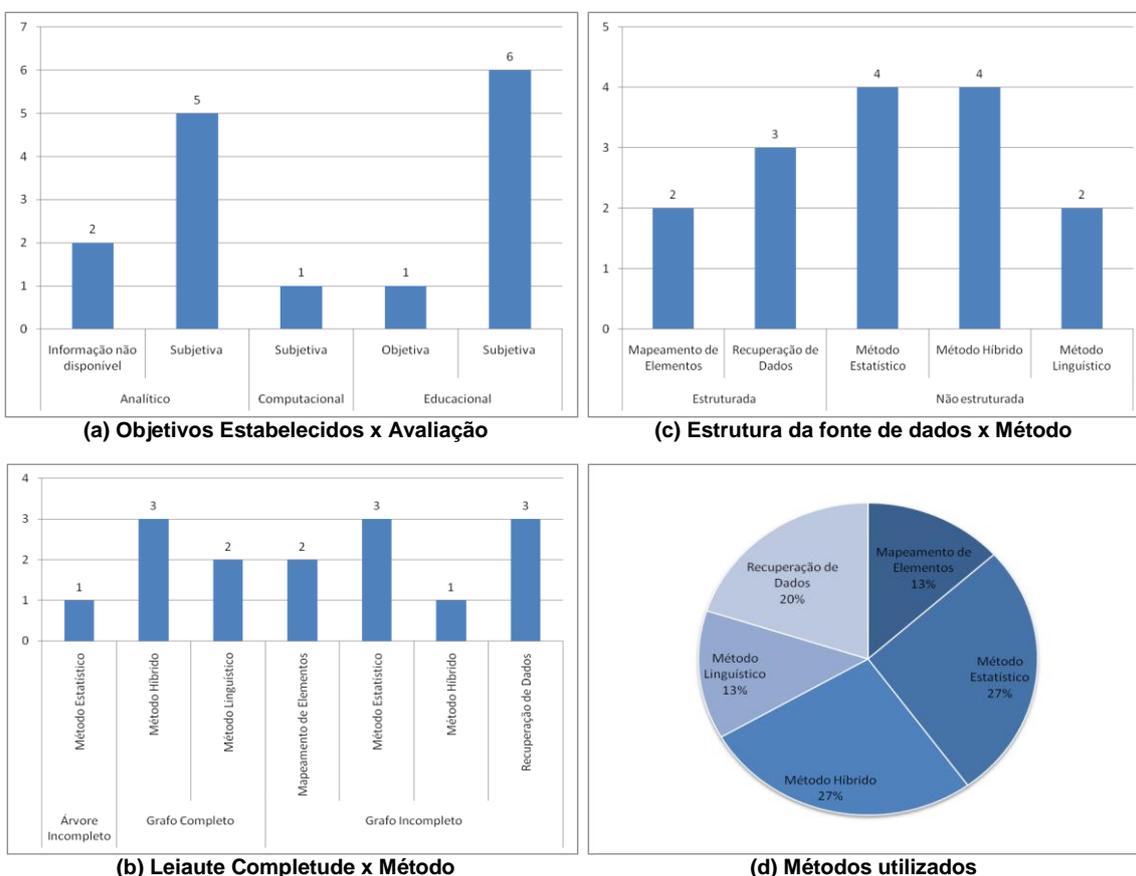


Figura 1 – Gráficos Analíticos para Abordagens Selecionadas

4 Conclusões e Trabalhos Futuros

O interesse pela pesquisa na Construção (Semi) Automática de Mapas Conceituais a partir de fontes de dados é relativamente recente. Consideramos que as características apresentadas ao longo deste artigo contribuirão para ampliar o entendimento das soluções existentes. O conjunto proposto é declaradamente incompleto e passível de

extensões futuras, dentre as quais se destacam os aspectos relativos à qualidade, à completude e aos contextos de uso de mapas conceituais.

Nossos próximos passos estão direcionados para a definição de uma abordagem para a construção automática de mapas conceituais a partir de textos em Língua Portuguesa (Brasil) e a sua aplicação em ambientes virtuais de aprendizagem.

5 Referências

Alves, A. O., Pereira, F. C., Cardoso, A. (2001). Automatic Reading and Learning from Text. In: Proceedings of the International Symposium on Artificial Intelligence (ISAI'2001), (pp. 302-310). Fort Panhala (Kolhapur), India.

Bai, S.-M., Chen, S.-M. (2008). Automatically constructing concept maps based on fuzzy rules for adapting learning systems. In: Expert Systems with Applications , 35 (1), 41-49.

Cañas, A. J., Coffey, J. W., Carnot, M. J., Feltovich, P., Hoffman, R. R., Feltovich, J., et al. (2003). Summary of Literature Pertaining to the Use of Concept Mapping Techniques and Technologies for Education and Performance Support. Acesso em 6 de junho de 2009, disponível em <<http://www.ihmc.us/users/acanas/Publications/ConceptMapLitReview/IHMC%20Literature%20Review%20on%20Concept%20Mapping.pdf>>

Chang, T.-H., Tam, H.-P., Lee, C.-H., Sung, Y.-T. (2008). Automatic Concept Map Constructing using top-specific training corpus. In: Proceedings of the Asia-Pacific Educational Research Association Board Meeting (APER'A'2008). Singapore.

Chen, N.-S., Kinshuk, Wei, C.-W., Chen, H.-J. (2008). Mining e-Learning domain concept map from academic articles. In: Computers & Education , 50 (3), 1009-1021.

Clariana, R. B., Koul, R. (2004). A Computer-Based Approach for Translating Text into Concept Map-Like Representations. In: A. J. Cañas, J. D. Novak, F. M. González (Ed.), In: Proceedings First International Conference on Concept Mapping (CMC'04), Volume 1, pp. 125-133. Pamplona, Spain.

Diestel, R. (2005). Graph Theory (Eletronic Edition ed.). New York, USA: Springer Verlag / Heidelberg.

Gaines, B. R., Shaw, M. L. (1994). Using Knowledge Acquisition and Representation Tools to Support Scientific Communities. In: Proceedings of the twelfth national conference on Artificial intelligence (AAAI'94) , 1, 707-714.

Graudina, V., Grundspenkis, J. (2008). Concept Map Generation from OWL Ontologies. In: A. J. Cañas, P. Reiska, M. Åhlberg, J. D. Novak (Ed.), In: Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping (CMC'08). Tallin, Estonia & Helsinki, Finland.

Kumazawa, T., Saito, O., Kozaki, K., Matsui, T., Mizoguchi, R. (2009). Toward knowledge structuring of sustainability science based on ontology engineering. In: Sustainability Science , 99-116.

Lau, R. Y., Chung, A. Y., Song, D., Huang, Q. (2008). Towards Fuzzy Domain Ontology Based Concept Map Generation for E-Learning. In: Advances in Web Based Learning (ICWL 2007). 4823, pp. 90-101. Springer Berlin/Heidelberg.

Lee, C.-H., Lee, G.-G., Leu, Y. (2009). Application of automatically constructed concept map of learning to conceptual diagnosis of e-learning. In: *Expert Systems with Applications* , 36 (2), 1675-1684.

Manzano-Macho, D., Gómez-Pérez, A. (2005). An overview of methods and tools for ontology learning from texts. In: *The Knowledge Engineering Review* , 19 (3), 187-212.

Novak, J. D.; Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press, 1984.

Novak, J. D., Cañas, A. J. (2006a). The Origins of the Concept Mapping Tool and the Continuing Evolution of the Tool. *Information Visualization Journal* , 5 (3), 175-184.

Novak, J. D., Cañas, A. J. (2006b). The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them. Acesso em 6 de junho de 2009, disponível em <<http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>>

Pérez, C. C., Vieira, R. (2004). Aquisição de Conhecimento a partir de Textos para Construção de Mapas Conceituais. In: *II Workshop de Teses e Dissertações em Inteligência Artificial (WTDIA 2004)*. São Luís, MA.

Pérez, C. C., Vieira, R. (2005). Mapas Conceituais: geração e avaliação. In: *Anais do III Workshop em Tecnologia da Informação e da Linguagem Humana (TIL'2005)*, (pp. 2158-2167). São Leopoldo, RS.

Richardson, R., Fox, E. A. (2007). Using Concept Maps in NDLTD as a Cross-Language. In: *10th International Symposium on Electronic Theses and Dissertations (ETD 2007)*. Uppsala, Sweden.

Richardson, W. R., Srinivasan, V., Fox, E. A. (2008). Knowledge discovery in digital libraries of electronic theses and dissertations: an NDLTD case study. In: *International Journal on Digital Libraries* , 9 (2), 163-171.

Tseng, S.-S., Sue, P.-C., Su, J.-M., Weng, J.-F., Tsai, W.-N. (2007). A new approach for constructing the concept map. In: *Computers & Education* , 49 (3), 691-707.

Valerio, A., Leake, D. (2006). Jump-Starting Concept Map Construction with Knowledge Extracted from Documents. In: A. J. Cañas, J. D. Novak, F. M. González (Ed.), *Proceedings Second International Conference on Concept Mapping (CMC'06)*, 1, pp. 296-303. San José, Costa Rica.

Villalon, J. J., Calvo, R. A. (2008). Concept Map Mining: A definition and a framework for its evaluation. In: *IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology* , 3 (9-12), 357-360.

Zouaq, A., Nkambou, R. (2008). Building Domain Ontologies from Text for Educational Purposes. In: *IEEE Transactions on Learning Technologies* , Volume 1 (1), p. 49-62.

Zouaq, A., Nkambou, R. (2009). Evaluating the Generation of Domain Ontologies in the Knowledge Puzzle Project. In: *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* (10.1109/TKDE.2009.25).