

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE SISTEMAS**

**MATHEUS SILVA ARAUJO**

**GRAFOS DE EVOLUÇÃO DA MATURIDADE: PROPOSTA DE UM  
MODELO PARA REPRESENTAÇÃO DA EVOLUÇÃO DO  
CONHECIMENTO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO I**

**BELO HORIZONTE**

**2019**

MATHEUS SILVA ARAUJO

GRAFOS DE EVOLUÇÃO DA MATURIDADE: PROPOSTA DE UM  
MODELO PARA REPRESENTAÇÃO DA EVOLUÇÃO DO  
CONHECIMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de Engenheiro de  
Sistemas, da Escola de Engenharia da  
Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Liddy Cenni  
de Castro Magalhães  
Co-orientador: Vinicius Matos Paiva

BELO HORIZONTE

Formatado: Justificado

**2019**

Espaço destinado à dedicatória (elemento opcional). Folha que contém o oferecimento do trabalho à determinada pessoa ou pessoas.

Exemplo: Dedico este trabalho à minha família, pelos momentos de ausência.

## **AGRADECIMENTOS**

Folha que contém manifestação de reconhecimento a pessoas e/ou instituições que realmente contribuíram com o autor, devendo ser expressos de maneira simples. Coloca-se no espaço superior da folha a palavra Agradecimento(s), grafada em CAIXA ALTA, em negrito e centralizada.

Espaço destinado à epígrafe (elemento opcional). Nesta folha, o autor usa uma citação, seguida de indicação de autoria e ano, relacionada com a matéria tratada no corpo do trabalho.

Exemplo: Eu denomino meu campo de Gestão do Conhecimento, mas você não pode gerenciar conhecimento. Ninguém pode. O que você pode fazer, o que a empresa pode fazer é gerenciar o ambiente que otimize o conhecimento.  
(PRUSAK, Laurence, 1997)

## **RESUMO**

Elemento obrigatório, constituído de uma sequência de frases concisas e objetivas, fornecendo uma visão rápida e clara do conteúdo do estudo. O texto deverá conter no máximo 500 palavras. Também, não deve conter citações. O resumo deve ser redigido em parágrafo único, espaçamento simples e seguido das palavras representativas do conteúdo do estudo, isto é, palavras-chave, em número de três a cinco, separadas entre si por ponto e finalizadas também por ponto. Usar o verbo na terceira pessoa do singular, com linguagem impessoal (pronomes SE), bem como fazer uso, preferencialmente, da voz ativa.

**Palavras-chave:** Palavra 1. Palavra 2. Palavra 3. Palavra 4. Palavra 5. (separados entre si por ponto)

## **ABSTRACT**

Elemento obrigatório. É a versão do resumo em português para o idioma de divulgação internacional. Deve aparecer em folha distinta do resumo em língua portuguesa e seguido das palavras representativas do conteúdo do estudo, isto é, das palavras-chave. Sugere-se a elaboração do resumo (Abstract) e das palavras-chave (*Keywords*) em inglês; para resumos em outras línguas, que não o inglês, consultar o departamento / curso de origem.

**Keywords:** Keyword 1. Keyword 2. Keyword 3. Keyword 4. Keyword 5. (separados entre si por ponto)



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Valor agregado por internalização. Adaptado de (Moreira, 2005) .....	17
Figura 2 - Modos de conversão do conhecimento. Adaptado de (Zambalde & Alvez, 2004).....	<del>19</del> <a href="#">18</a>
Figura 3 - Cynefin Framework, Fonte (Grando, 2013).....	<del>26</del> <a href="#">25</a>
Figura 4 - Grafo direcionado. Adaptado de (Cormen, 2012).....	<del>27</del> <a href="#">26</a>
Figura 5 - Ordenação topológica, Grafo. Fonte (Cormen, 2012) .....	<del>28</del> <a href="#">27</a>
Figura 6 - Ordenação topológica, Grafo Ordenado. Fonte (Cormen, 2012).....	<del>28</del> <a href="#">27</a>
Figura 7 - Rede de Fluxo. Fonte (Cormen, 2012).....	<del>29</del> <a href="#">27</a>

**LISTA DE TABELAS**

NENHUMA ENTRADA DE ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES FOI ENCONTRADA.

## LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

### LISTA DE SÍMBOLOS

<b>H</b>	Campo Magnético (A/m)
<b>i</b>	Corrente Elétrica (A)
<b>v</b>	Tensão Elétrica (V)
<b><math>\theta</math></b>	Ângulo de fase (radianos)
<b><math>\Phi</math></b>	Fluxo Magnético (Wb)

### LISTA DE ABREVIATURAS

<b>a.C.</b>	Antes de Cristo
<b>Cód. Civ.</b>	Código Civil
<b>CO</b>	Conhecimento Organizacional

### LISTA DE SIGLAS

<b>ABIPTI</b>	Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica
<b>BSC</b>	Balanced Scorecard
<b>CH</b>	Capital Humano

### LISTA DE ACRÔNIMOS

<b>CAE</b>	Computer Aided Engineering
<b>NASA</b>	National Aeronautics and Space Administration
<b>OTAN</b>	Organização do Tratado do Atlântico Norte

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1 OBJETIVOS.....	14
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
2.1 CONCEITOS RELACIONADOS À GESTÃO DO CONHECIMENTO .....	16
2.1.1 Dados, informação e conhecimento .....	16
2.1.2 Gestão do Conhecimento.....	17
2.2 EXEMPLOS DE MODELOS DE MATURIDADE	
1948	
2.2.1 CROSBY	
2049	
2.2.2 WEINBERG	
2120	
2.2.3 ISO/IEC 15504	
2224	
2.2.4 CMMI	
2322	
2.2.5 SHU-HA-RI	
2423	
2.3 PENSAMENTO SISTÊMICO	
2523	
2.4 TEORIA DE GRAFOS	
2625	
2.5 DESENVOLVIMENTO WEB	
2928	
2.6 JAVASCRIPT	
ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.28	
2.7 VIS.JS	
ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.28	
2.8 VIZ.JS	
ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.28	
<b>3 ABORDAGEM PROPOSTA</b>	
3029	
3.1 HUMANIDADES	
ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.30	
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	
3334	
<b>REFERÊNCIAS</b>	
3432	

## 1 INTRODUÇÃO

Os modelos de evolução da maturidade e/ou da capacidade, ~~ou muitas vezes~~ referenciados simplesmente como modelos de maturidade, são guias destinados a avaliar processos em diversos contextos visando ~~e~~ direcionar oportunidades de melhorias nos mesmos. Esses modelos ~~são responsáveis por~~ orientam na determinação ~~do~~ do nível de habilidade de uma empresa ou indivíduo na prática de um ou mais processos, de acordo com referenciais definidos ~~por esses mesmos~~ pelos próprios modelos. ~~De posse dessa~~ A partir da informação disponibilizada nesses ~~modelos~~, um indivíduo ou empresa pode entender melhor seu estágio atual à luz do modelo, reconhecer suas capacidades e limitações, bem como ~~e pode~~ traçar planos a fim de aprimorar suas habilidades e tornar-se melhor na prática daquele conjunto de processos.

Na maioria desses modelos, a evolução da maturidade é geralmente tratada de forma linear e sequencial, estando as práticas relacionadas aos processos são sequenciadas uma após a outra, com pouca ou nenhuma variabilidade.

Nesse trabalho, pretende-se utilizar uma forma menos restritiva de representação da evolução da maturidade e/ou da capacidade, por meio da utilização da teoria de grafos. ~~Nesses~~ No modelo propostos, as relações entre as capacidades são representadas por uma rede em que a evolução pode ser percebida como uma propriedade emergente do modelo representado.

Além de uma representação mais flexível, a utilização do formalismo matemático da teoria de grafos torna possível o uso de algoritmos conhecidos para o tratamento de grafos. Acredita-se que ~~e~~ Esse uso potencialmente ~~poderá~~ potencialmente revelar informações até então desconhecidas desses modelos de evolução da maturidade.

Para fundamentar essa proposta, foram estudados alguns dos modelos de maturidade estabelecidos na literatura (Crosby, 1979) (Weinberg, 1992) (Salviano, 2003).

Nesses modelos, a maturidade pode ser vista como uma representação do conjunto de capacidades do indivíduo ou empresa. Entendendo a capacidade como a aplicação prática de conhecimento, foram também levantados ~~considerados~~ conceitos relacionados à gestão do conhecimento, c. ~~Como~~ a origem do

**Comentado [AC1]:** Explicar melhor

**Comentado [AC2]:** Dentro do que vc leu, isso faz sentido? Inclui porque o CMMI é modelo de maturidade e capacidade

**Comentado [AC3]:** Porque tem hora que vc menciona maturidade e outra hora capacidade?

conhecimento, seus tipos e modos de conversão (Moreira, 2005) e (Zambalde & Alvez, 2004).

Dentro do pensamento sistêmico, foi estudado também o Cynefin Framework (Kurtz & Snowden, 2003). Esse modelo propõem a existência de quatro diferentes contextos para diferentes ambientes: o simples, o complicado, o complexo e o caótico.

~~A proposta neste trabalho é mostrar Neste contexto, considerando~~ que os modelos de evolução da maturidade atuais avaliam a evolução do conhecimento em um contexto simples, em que as relações de causa ~~de~~ consequência são repetíveis e previsíveis, ~~este trabalho busca responder a seguinte questão: Como alternativa, é possível obter um modelo de evolução da maturidade no qual proposta seja possível~~ uma avaliação em um contexto complicado, com relações de causa e efeito dispersas no tempo?

**Comentado [AC4]:** Verificar se é isso que você pretende responder no trabalho e reformular a pergunta, se necessário

#### 1.1 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho de graduação é desenvolver um método de representação dos modelos de evolução da maturidade utilizando grafos para, posteriormente, implementar uma solução computacional que faça essa representação.

Os objetivos específicos são:

1. Dominar os principais conceitos e algoritmos de teoria de grafos;
2. Analisar os principais modelos de evolução da maturidade ~~estabelecidos existentes~~;
3. Definir os passos para a representação desses modelos por meio de grafos;
4. Criar grafos que possibilitem avaliar pelo menos um tipo de modelo de evolução da maturidade;
5. Analisar os grafos criados ~~com em relação a~~ algoritmos ~~de pertencentes à~~ teoria de grafos;
6. Disponibilizar a aplicação implementada para ~~ser~~ utilização em diferentes contextos por potenciais pessoas interessadas.

O escopo desse trabalho envolve engloba: a proposta de um método de representação dos modelos de evolução da maturidade por meio de grafos; a identificação de cenários que poderiam explorar a utilização desse tipo de método, visando identificar seu principais requisitos; o desenvolvimento computacional desse método; a aplicação e avaliação desse método utilizando pelo menos um dos cenários identificados.

Apesar de a identificação de cenários que poderiam explorar a utilização desse tipo de método ser parte integrante deste trabalho, não é objeto de este estudo ~~deste trabalho~~ a criação dos vários modelos grafos a serem aplicados a cenários distintos – englobando o levantamento das habilidades e capacidades de cada modelo e suas relações.

Este trabalho está organizado em quatro capítulos.

O Capítulo 1 contempla a introdução ao tema, definindo o contexto em que os modelos de evolução da maturidade são válidos, a motivação e os objetivos a serem atingidos com o desenvolvimento deste trabalho.

O Capítulo 2 apresenta uma breve revisão de outros trabalhos na literatura relacionados ao tema, além de conceitos e exemplos de modelos de maturidade, Além de um referencial conceitualos sobre Teoria de Grafos e uma análise referencial sobre as tecnologias disponíveis para se trabalhar com grafos.

O Capítulo 3 detalha a abordagem proposta, descrevendo a metodologia e cronograma para o desenvolvimento do projeto, e propõe aplicações em diferentes contextos econômicos, culturais, sociais e ambientais dos grafos de evolução do conhecimento.

O Capítulo 4 encerra o trabalho com algumas considerações  finais.

**Comentado [AC5]:** Acho que isso não está suficientemente claro no texto

**Comentado [AC6]:** Outros trabalhos semelhantes? Vc achou algum? Vc fala mais dos conceitos necessários do que de outros trabalhos explorando o uso de grafos na representação da evolução do conhecimento. Falta você fazer isso, pois seria importante mostrar outras formas utilizadas na literatura.

**Comentado [AC7]:** Não existe essa análise - você apenas citou as tecnologias, não fez análise - rever toda a descrição do que existe no Capítulo 2

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Inicialmente, ~~u~~ Uma revisão bibliográfica foi realizada ~~no início do trabalho~~ a fim de compreender os principais conhecimentos envolvidos no contexto ~~deste~~ trabalho, entre eles: conceitos e formas de se realizar a gestão do conhecimento; (Moreira, 2005) e (Zambalde & Alvez, 2004); conceitos básicos sobre a evolução da maturidade, (Crosby, 1979), (Weinberg, 1992) e (Salviano, 2003); conceitos e distinção entre sistemas simples, complicados, complexos e caóticos por meio do Cynefin Framework (Kurtz & Snowden, 2003); estudos e algoritmos relacionados à teoria de grafos; (Cormen, 2012) e (Ziviani, 2011); tecnologias disponíveis para o desenvolvimento da aplicação, englobando bibliotecas de desenvolvimento web de grafos.

### 2.1 CONCEITOS RELACIONADOS À GESTÃO DO CONHECIMENTO

Os Diversos modelos de evolução da maturidade encontrados na literatura definem a maturidade de uma empresa ou indivíduo a partir da análise do conjunto de suas capacidades (incluir referências aqui). ~~As-Tais~~ capacidades ~~são-podem ser~~ entendidas como decorrentes consequência do conhecimento adquirido por essa empresa ou indivíduo. Em função disso, é necessário compreender a origem e a formação do conhecimento. Os grafos de evolução do conhecimento a serem propostos tentarão representar esse avanço dentro de um processo por meio de uma rede estruturada.

#### 2.1.1 Dados, informação e conhecimento

A definição de conhecimento ~~parte-pode ser obtida a partir~~ das definições de dado e informação (Moreira, 2005).

O conceito de “dado” é consensual: os dados são entidades “dadas”, que estão disponíveis ao nosso redor, podem ser quantificados e possuir significado. Os dados independem da ação humana, estão presentes em todo o espaço e tempo.

**Comentado [AC8]:** Não usar 1ª pessoa em texto técnico - rever essa definição



O conceito de “informação” não é consensual. Existem mais de 400 definições para esse termo (Moreira, 2005). Etimologicamente, o termo vem do latim “*informatio*”, que quer dizer “em forma”. A informação pode ter as seguintes formas:

- Informação como dados contextualizados;
- Informação como mensagem comunicada, ou informação como processo;
- Informação como conteúdo comunicado, ou informação como entidade subjetiva;
- Informação como objeto, ou informação como entidade objetiva.

Assim como a definição de informação, o conceito de conhecimento não é consensual. Para este trabalho, o conhecimento pode ser compreendido como a relação de sentido entre a informação e sua aplicação prática (Moreira, 2005).

É importante observar o ganho de valor à medida que o dado é internalizado e transformado em informação e depois em conhecimento, como mostrado na [Figura 1](#). [Fonte de referência não encontrada.](#)

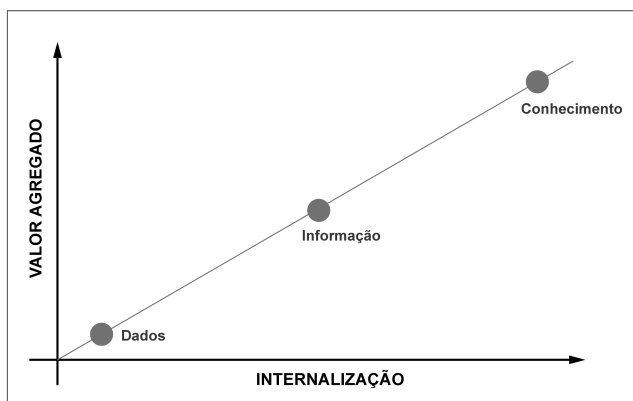


Figura 1 - Valor agregado por internalização. Adaptado de (Moreira, 2005)

### 2.1.2 Gestão do Conhecimento

A gestão do conhecimento pode ser compreendida como o processo de geração, codificação e transferência de conhecimento (Zambalde & Alvez, 2004).

[Segundo fulano \(ano\), o conhecimento](#) pode ser classificado em duas categorias:

**Comentado [AC9]:** Colocar a referência - evitar ficar usando apenas uma fonte

- Conhecimento explícito: aquele que pode ser transmitido e processado por meio de linguagem formal;
- Conhecimento tácito, ou implícito: aquele transmitido por meio do exemplo ou da convivência.

Também segundo fulano (ano), aA conversão do conhecimento se dá por quatro diferentes formas, ~~mostradas conforme apresentado~~ na [Erro! Fonte de referência não encontrada.Figura-2:](#)

Comentado [AC10]: Colocar a referência

- Socialização – criação do conhecimento tácito por meio do compartilhamento de experiências, como treinamentos, reuniões e interações;
- Externalização – comunicação do conhecimento tácito por meio de analogias, metáforas ou modelos;
- Combinação – troca de informações explícitas, por meio de canais digitais ou analógicos, sendo a base da educação formal;
- Internalização – aprendizado por meio da vivência prática, *learning by doing*.

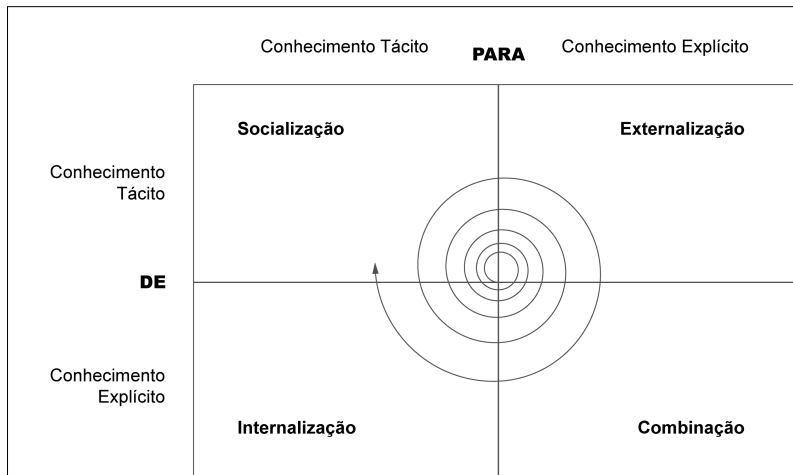


Figura 2 - Modos de conversão do conhecimento. Adaptado de (Zamalde & Alvez, 2004)

## 2.2 ~~EXEMPLOS DE~~ MODELOS DE MATURIDADE

Entendendo a capacidade como o conhecimento produzido por informações adquiridas e transformadas, e essas como produto de dados contextualizados e dotados de significado, a maturidade pode ser compreendida como a combinação de conhecimentos e capacidades em torno de um propósito (Koehlegger, Maier, & Thalmann, 2009).

<explicar aqui o que seria um modelo de maturidade>

Segundo (Koehlegger, Maier, & Thalmann, 2009), à época foram identificados 74 modelos de maturidade relacionados a sistema de informação ou ciência da computação. Ainda assim, esse número representava apenas uma parcela do total de modelos, já que áreas como biologia, sociologia e psicologia também fazem uso dessa ferramenta.

Para este trabalho, serão analisados alguns modelos relacionados ao desenvolvimento de software, devido à familiaridade do autor com essa área. ~~es-que tem-o autor.~~ No entanto, as características estruturais desses são extensíveis aos demais modelos.

Os modelos de maturidade de software estão relacionados ao modelo inicialmente proposto por (Crosby, (1979) no contexto de qualidade em manufatura. Nesse modelo, o nível de maturidade pode ser medido à partir da adequação a um padrão de qualidade estabelecido.

### 2.2.1 Níveis de maturidade propostos por CROSBY

**Comentado [AC11]:** Colocar nome e sobrenome

A ideia de maturidade relacionada ao conhecimento surge no contexto de Qualidade em Manufatura, com os trabalhos de (Crosby, (1979), que -

Crosby analisou os custos relacionados à má qualidade de um produto. Para ele, qualidade é definida como “conformidade com os requisitos”, ou ainda “defeito zero”.

A solução proposta por ele ~~se resumia aparte do princípio de que é necessário~~ “fazerça certo desde na primeira vez”. Para tornar isso possível, as organizações devem passar por cinco estágios de maturidade:

- Incerteza – estágio de desconhecimento total das causas da não-qualidade ;
- ⇌ “Não sabemos por que temos problemas com a qualidade.” ;
- Despertar – questiona-se os problemas de qualidade, mas não há uma ação efetiva no sentido de corrigi-los ;
- ⇌ “Por que sempre temos problemas com a qualidade?” ;
- Esclarecimento – ~~as~~ ações com o intuito de resolver os problemas relacionados à qualidade são tomadas ;
- ⇌ “Estamos identificando e resolvendo nossos problemas” ;
- Sabedoria – os problemas de qualidade são identificados e solucionados no início da produção ;
- ⇌ “Prevenção de defeitos é uma parte rotineira da nossa operação.” ;
- Certeza – a qualidade se torna parte do processo produtivo ;
- ⇌ “Sabemos por que não temos problemas com a qualidade.” ;

**Formatado:** Recuo: À esquerda: 1,5 cm, Deslocamento: 0,5 cm

**Formatado:** Recuo: À esquerda: 1,5 cm, Deslocamento: 0,5 cm

**Formatado:** Recuo: À esquerda: 1,5 cm, Deslocamento: 0,5 cm

**Formatado:** Recuo: À esquerda: 1,5 cm, Deslocamento: 0,5 cm

**Formatado:** Recuo: À esquerda: 1,5 cm, Deslocamento: 0,5 cm

As definições de Crosby foram cunhadas no contexto de manufatura, mas são referência para a criação de diversos modelos de maturidade, em especial na área de software. Especificamente para o desenvolvimento de software, a meta de

“defeito zero” de Crosby é utópica, uma vez que é impossível garantir a ausência de erros em um software que possua alguma complexidade.

Comentado [AC12]: Incluir uma referência ligada a sw

### 2.2.2 Padrões culturais de software propostos por WEINBERG

Comentado [AC13]: Colocar nome e sobrenome

No contexto de desenvolvimento de software, (Weinberg, 1992) faz uma adaptação das ideias de Crosby.

Ele parte de duas premissas básicas:

- Não existem duas organizações exatamente iguais.
- Não existem duas organizações totalmente diferentes.

Com essas duas premissas, ele passa a considerar as diferenças entre duas organizações. Outra mudança em sua abordagem é a noção subjetiva de qualidade; para ele, a “qualidade é valor para alguma(s) pessoa(s)” (Weinberg, 1992). Portanto, algumas afirmações verdadeiras sobre a qualidade em software podem ser:

- Defeito zero é alta uma forma de se perceber a qualidade.
- Ter muitas funções é uma forma de se perceber a alta-qualidade.
- Codificação elegante é uma forma de se perceber a alta-qualidade.
- Alto desempenho é uma forma de se perceber a alta-qualidade.
- Baixo custo de desenvolvimento é uma forma de se perceber a alta qualidade.
- Desenvolvimento rápido é uma forma de se perceber a alta-qualidade.
- Facilidade para o usuário é uma forma de se perceber a alta-qualidade.

Weinberg questiona também o uso da palavra “maturidade”. Para ele, “a palavra *maturidade* não é um fato, mas um julgamento” (Weinberg, 1992).

A palavra “maduro” vem do latim *maturus* e significa atingir a última fase do crescimento e desenvolvimento natural. Para Weinberg, a progressão pelos estágios de Crosby não é exatamente “natural”, mas sim dispendiosa. Assim como a qualidade pode ser subjetiva, a maturidade também deve ser. Não existem padrões culturais mais ou menos maduros, mas sim mais ou menos *adequados*.

Colocadas as ponderações sobre a visão de qualidade e maturidade de Crosby, Weinberg propõe seis padrões culturais de software (Weinberg, 1992):

- Esquecido – “Nós nem sabemos que estamos realizando um processo”.
- Variável – “Nós fazemos qualquer coisa que sentimos no momento”.

- Rotina – “Nós seguimos nossas rotinas (exceto quando em pânico)”;
- Direção – “Nós escolhemos entre nossas rotinas segundo os resultados que elas produzem”;
- Antecipação – “Nós estabelecemos rotinas baseados em nossa experiência prévia com elas”;
- Congruência – “Todos estão envolvidos na melhoria de tudo o tempo todo”.

### 2.2.3 Níveis de capacidade propostos pela norma ISO/IEC 15504 (atual série ISO/IEC 33000)

A norma ISO/IEC 15504 é desenvolvida desde 1993 pela ISO em conjunto com o projeto SPICE, (*Software Process Improvement and Capability Determination*), foi tendo sido inicialmente publicada em outubro de 2003. Atualmente a norma ISO/IEC 15504 foi atualizada e transformada na série ISO/IEC 33000).

A ISO/IEC 15504 está Ambas estão estruturadas em duas dimensões: dimensão de processos, e a dimensão de capacidade de processos.

A dimensão de processos define os processos Primários, Organizacionais e de Apoio que compõem a avaliação de uma organização.

Na dimensão de capacidade de processos, a capacidade dentro de um processo é avaliada em seis níveis crescentes, desde o nível inferior, 0, até o nível superior, 5 (Salviano, 2003):

- Nível 0 – Incompleto, no qual o processo não está implementado ou não é funcional, ou seja, não atinge seus objetivos;
- Nível 1 – Executado, no qual os objetivos do processo são alcançados de alguma maneira;
- Nível 2 – Gerenciado, no qual o processo é executado de maneira gerenciado, i.e., planejado e controlado;
- Nível 3 – Estabelecido, no qual o processo, além de executado e gerenciado, é implementado instanciado baseando-se a partir de um processo padrão definido;

- Nível 4 – Previsível, no qual o processo passa a ser executado dentro de limites quantitativos bem definidos, com acompanhamento estatístico;
- Nível 5 – Otimizado, no qual o processo previsível pode ser aprimorado continuamente.

As normas ISO/IEC 15504 e 33000 definem, portanto, ainda, as dimensões que devem ser avaliadas em uma organização e os critérios de avaliação para cada dimensão (Salviano, 2003).

#### 2.2.4 Os níveis de maturidade do CMMI

O Capability Maturity Model Integration, mais conhecido como CMMI, é gerenciado pelo CMMI Institute, uma organização da ISACA, (Information Systems Audit and Control Association).

Formatado: Fonte: Itálico

Formatado: Fonte: Itálico

Assim como a ISO/IEC 15504, ele define práticas de referência para a maturidade em áreas específicas, como Engenharia de Sistemas, Engenharia de Software, Desenvolvimento Integrado de Processo e Produto e Seleção de Fornecedores (Salviano, 2003).

O CMMI tem duas representações distintas: a representação contínua e a representação por estágios.

Na representação contínua, inspirada na ISO/IEC 15504, há os mesmos seis níveis de capacidade e cada processo pode estar em um nível diferente, dependendo do interesse ou necessidade da organização.

Já na representação por estágios, há cinco diferentes níveis pré-determinados de maturidade. A sequência dos níveis não deve ser desconsiderada, já que um nível serve como habilitador de para o próximo. Em função disso, ainda mesmo que a maioria dos processos de uma organização estejam no nível três, por exemplo, caso existam processos no nível dois, a organização ainda será considerada como estando no nível dois.

Os níveis de maturidade definidos pela CMMI são:

- Nível 1: Inicial, Ad-hoc, no qual os pProcessos são imprevisíveis, pouco controlados e reativos;
- Nível 2: Gerenciado, no qual os pProcessos são caracterizados por a cada projeto, e as ações relacionadas são frequentemente reativas;

Formatado: Fonte: Itálico

- Nível 3: Definido, no qual os p-Processos são caracterizados per-para a organização, gerando instâncias por projeto, e as ações relacionadas são frequentemente proativas;<sub>:-</sub>
- Nível 4: Quantitativamente gerenciado, no qual os p-Processos são medidos e controlados estatisticamente sendo, portanto, previsíveis;<sub>:-</sub>
- Nível 5: Em otimização, que enfatiza a melhoria contínua dos processos quantitativamente gerenciados. Foco na melhoria contínua dos processos.

### 2.2.5 O modelo de representação do avanço do conhecimento SHU-HA-RI

A maioria dos modelos de evolução da maturidade da literatura, incluindo os aqui apresentados, segue possuem uma estrutura em que os processos analisados seguem um caminho com as etapas:

1- O processo não é realizado ou acontece aleatoriamente ("

1. Eu não faço ideia do que estou fazendo.");

2- O processo é realizado de forma instintiva ("

2. Estou apenas fazendo.");

3- O processo, além de realizado, passa a ser gerenciado ("

3. Entendo o que estou fazendo.");

4- O processo passa a ser medido para encontrar melhores práticas ("

4. Posso descrever o que estou fazendo.");

5- O processo ideal é definido e passa a ser executado ("

5. Conheço a melhor forma de fazer o que estou fazendo.");

6- O processo ideal é executado repetidamente e passa a ser aprimorado ("

6. Estou sempre melhorando o que estou fazendo.");

Esses seis passos podem ser comparados ao Shu-Ha-Ri nas artes marciais japonesas, especialmente o Aikido<sub>:-</sub> (Fowler, 2014).

Nesse modelo de representação do avanço do conhecimento, as três etapas são definidas da seguinte forma:

- Shu – estágio inicial, em que o aluno segue os ensinamentos do mestre com precisão;<sub>:-</sub>
- Ha – nesse estágio, o aluno passa a aprender os princípios que orientam a técnica;<sub>:-</sub>

**Formatado:** Recuo: À esquerda: 1,5 cm, Deslocamento: 0,5 cm

**Formatado:** Recuo: À esquerda: 1,5 cm, Deslocamento: 0,5 cm

**Formatado:** Recuo: À esquerda: 1,5 cm, Deslocamento: 0,5 cm

**Formatado:** Recuo: À esquerda: 1,5 cm, Deslocamento: 0,5 cm

**Formatado:** Recuo: À esquerda: 1,5 cm, Deslocamento: 0,5 cm

**Formatado:** Recuo: À esquerda: 1,5 cm, Deslocamento: 0,5 cm

**Comentado [AC14]:** norteiam



- Ri – no último estágio, o aluno já não está mais aprendendo com um mestre, ele já compreende os princípios e é capaz de criar sua própria abordagem.

Dessa forma, o O Shu se relaciona com as etapas 1 e 2; o Ha se relaciona com as etapas 3 e 4, e o Ri com as etapas 5 e 6 (Fowler, 2014).

**Comentado [AC15]:** referência correta?

### 2.3 PENSAMENTO SISTÊMICO

(Kurtz & Snowden, 2003) propõem o Modelo Cynefin para categorizar os contextos de cada ambiente, considerando as relações de causa e efeito dos eventos que nele ocorrem. Essa categorização é importante na compreensão dos contextos e pode guiar melhores tomadas de decisão. Esse modelo define quatro tipos diferentes de contextos, como mostrado na [Figura 3](#).

**Comentado [AC16]:** O título não está adequado para o conteúdo, pois não descreve e nem aborda pensamento sistêmico - a palavra pensamento nem aparecer no texto. Também precisa explicar melhor o propósito deste modelo em relação ao trabalho

**Comentado [AC17]:** Este texto precisa de uma introdução - que ambiente? Que contexto? Por que relação de causa-efeito é importante?

**Comentado [AC18]:** Para que?

**Comentado [AC19]:** Está tudo muito solto aqui - vc precisa explicar melhor qual a necessidade, para que serve o modelo

No domínio do Simples/Óbvio (*Known*), estão sistemas e contextos em que as relações de causa e efeito são repetíveis e previsíveis. O processo de decisão acontece no formato: *sente, categoriza e responde*. Nesses contextos, podem ser aplicados processos padrão com ciclos de revisão e medidas claras.

**Comentado [AC20]:** Explicar melhor o que é isso e dar exemplo

No domínio do Complicado (*Knowable*), as relações de causa e efeito estão dispersas no tempo, mas ainda assim são repetíveis e podem ser analisadas. O processo de decisão acontece no formato: *sente, analisa e responde*. Para esses contextos, técnicas analíticas e reducionistas são bons guias nas tomadas de decisões.

**Comentado [AC21]:** Idem

No domínio do Complexo, há muitas possibilidades, as relações de causa e efeito só mostram coerência em uma análise retrospectiva. O processo de decisão acontece no formato: *sonda, sente e responde*. Para decisão nesses contextos, são necessárias múltiplas, pequenas e distintas intervenções baseadas em gerenciamento de padrões, filtros de perspectiva e análise sistemas complexos adaptativos.

**Comentado [AC22]:** Idem

No domínio do Caótico, os sistemas e contextos não apresentam nenhuma relação entre causa e efeito em um nível sistêmico. O processo de decisão acontece no formato: *age, sente e responde*. Nesses contextos, são possíveis apenas pequenas intervenções para estabilizar situações.

**Comentado [AC23]:** Idem

As ferramentas atualmente utilizadas para representar os sistemas de evolução da maturidade consideram as relações entre causa e efeito lineares e repetíveis, à medida que sequenciam as capacidades/conhecimentos em um caminho linear estático, não admitindo variabilidade e desconsiderando as relações emergentes.

Sob a ótica do Framework Cynefin, os sistemas de evolução da maturidade podem ser levados para o domínio do Complicado. Em função disso, esse trabalho propõe representar esses modelos por meio dos grafos, possibilitando uma visão sistêmica mais abrangente das relações dos elementos desses sistemas.

**Comentado [AC24]:** Por que? Não está claro



Figura 3 - Cynefin Framework, Fonte (Grando, 2013)

## 2.4 TEORIA DE GRAFOS

Para este trabalho, será utilizada a Teoria de Grafos como fundamentação matemática. A seguir, os principais conceitos utilizados neste trabalho são apresentados.

Um grafo é composto por um conjunto de vértices e por um conjunto de arestas. Um vértice pode representar um objeto simples e unitário qualquer, podendo ter nome e outros atributos. Uma aresta representa a relação entre dois vértices (Ziviani, 2011).

Conforme ilustrado na Figura 4, um grafo direcionado  $G$  (Figura 4) é um par  $(V, E)$ , em que:

- o  $V$  é um conjunto finito de elementos, denominado conjunto de vértices;
- o  $E$  é uma relação binária entre elementos de  $V$ , denominado conjunto de arestas, que estão orientadas por meio de setas que definem uma origem (referente ao nó de onde parte/ sai) e um destino (referente ao nó onde chega/ entra)...

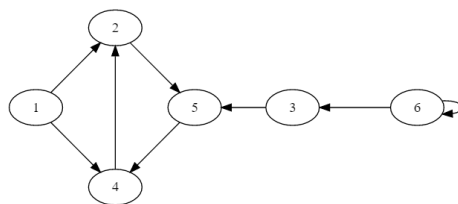


Figura 4 - Grafo direcionado. Adaptado de (Cormen, 2012)

Nos grafos de evolução do conhecimento, as capacidades serão representadas como vértices e as relações de precedência entre elas serão representadas como arestas direcionadas.

Para um grafo direcionado, existem dois tipos de graus em um vértice. O número de arestas que chegam ao vértice é definido como *in-degree*, grau de entrada, e o número de arestas que saem do vértice é definido como *out-degree*, grau de saída.

Na Erro! Fonte de referência não encontrada.Figura 4, o vértice de número 5, por exemplo, tem grau de entrada 2 e grau de saída 1.

Um caminho em um grafo direcionado pode ser compreendido como uma sequência de vértices que ligam um vértice inicial a um vértice final. Na Erro! Fonte de referência não encontrada.Figura 4, o caminho entre o vértice 1 e o vértice 5 é o conjunto  $\{1, 2, 5\}$ , não há um caminho entre o nó 5 e o nó 1.

**Comentado [AC25]:** O itálico é utilizado para palavras estrangeiras - utilizar outra forma de destaque ou colocar entre aspas

**Formatado:** Fonte: Não Itálico

**Formatado:** Fonte: Não Itálico

**Formatado:** Fonte: Não Itálico

**Comentado [AC26]:** Falta explicar o que é um grafo direcionado, o porquê da relevância da direção - pode não ter direção? Pode ter dupla direção? Não está claro no texto. O que eu coloquei aqui seria só um exemplo - procurar a melhor forma de explicar isso

**Formatado:** Fonte: Não Itálico

**Comentado [AC27]:** Correto? Ser mais preciso nas suas descrições

Os grafos utilizados neste trabalho serão do tipo direcionados acíclicos, i.e. ou seja, seus caminhos não possuem vértices repetidos, não há formação de ciclos. A grafo na Figura 5 é do tipo direcionado acíclico.

Para grafos direcionados acíclicos o conceito de ordenação topológica representa a sequência em que, para todo vértice  $V$ , todos os vértices para os quais  $V$  tem aresta de saída aparecem depois de  $V$ , como mostrado na Figura 6.

A ordenação topológica neste trabalho poderá ser utilizada para definir um sequenciamento possível entre as capacidades do modelo representado.

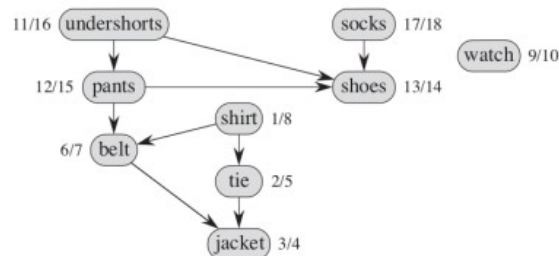


Figura 5 - Ordenação topológica, Grafo. Fonte (Cormen, 2012)

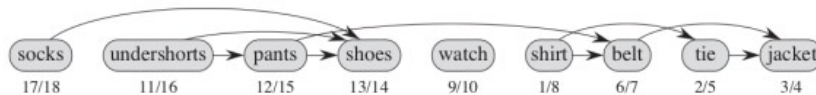


Figura 6 - Ordenação topológica, Grafo Ordenado. Fonte (Cormen, 2012)

Em teoria dos grafos, uma Rede de fluxo é definida como um grafo dirigido acíclico onde no qual cada aresta tem uma capacidade<sup>1</sup> não negativa. Há dois vértices distintos: fonte e sumidouro. Todo vértice pertencente ao grafo se encontra em um caminho entre a fonte e o sumidouro. A Figura 7 apresenta uma Rede de Fluxo (Cormen, 2012).

**Comentado [AC28]:** Sugiro mostrar um cíclico e um acíclico, explicando rapidamente ambos

**Comentado [AC29]:** Idem aqui - vale comentar que o da Fig 5 possui o mesmo conteúdo sem ordenação topológica - esta conclusão está correta? Isso ajudaria ao leitor entender melhor o conteúdo

**Comentado [AC30]:** A legenda aqui não está compatível com o descrito no texto - deveria ser algo como "Exemplo de grafo direcionado acíclico, sem ordenação topológica. Nota: explicar o que são os números associados aos nós ou retirá-los da figura

**Comentado [AC31]:** Destacar do texto da mesma forma que usar para "conjunto de arestas" - padronizar o uso de maiúscula e minúscula

**Comentado [AC32]:** Idem quanto ao destaque no texto

**Comentado [AC33]:** Idem quanto ao destaque no texto

**Comentado [AC34]:** Idem quanto ao destaque no texto

<sup>1</sup> O termo **capacidade** utilizado aqui não deve ser confundido o mesmo termo utilizado no contexto de **níveis de capacidade**. Ele foi mantido nesse contexto porque assim está definido na literatura referenciada.

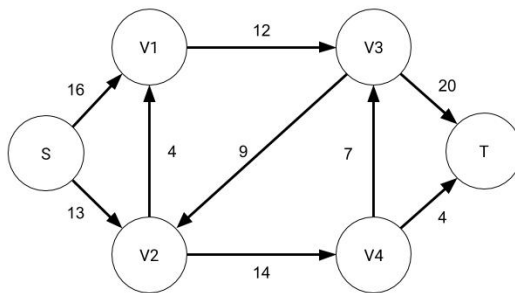


Figura 7 - **Exemplo de Rede de Fluxo**. Adaptado de (Cormen, 2012).

As Redes de Fluxo nesse trabalho podem ser utilizadas em subgrafos definidos a partir de dois vértices do grafo para calcular o esforço existente entre uma capacidade representada no grafo e uma outra subsequente.

Em Redes de Fluxo, o Fluxo Máximo é definido como o fluxo de intensidade máxima que respeita os limites de capacidade dos vértices. Para o grafo da Figura 7, o fluxo máximo é 19, como mostrado na Figura 8 (Cormen, 2012).

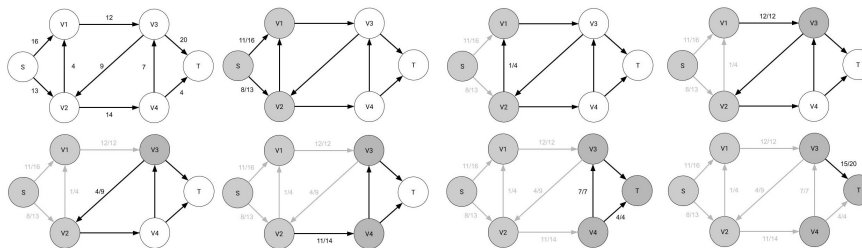


Figura 8 - Fluxo Máximo. Adaptado de (Cormen, 2012).

## 2.5 AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento da aplicação deste trabalho será ~~feito~~ realizado em ambiente Web, devido à familiaridade que o autor já tem com o ambiente e à disponibilidade de bibliotecas prontas para lidar com a representação gráfica de grafos nesse ambiente.

Foram analisadas duas bibliotecas JavaScript para a representação gráfica dos grafos:

**Comentado [AC35]:** Verificar o posicionamento centralizado das figuras - elas estão com configuração de parágrafo que possui avanço na primeira linha - esta eu ajustei

**Comentado [AC36]:** Idem - Padronizar a forma de definição de termos

**Comentado [AC37]:** Explicar melhor - como ver isso na figura?

**Comentado [AC38]:** Explorar um pouco mais o ambiente de desenvolvimento - o conteúdo está muito direto

- Viz.js – Essa biblioteca é uma adaptação do software de visualização de grafos Graphviz para o ambiente Web. Para utilizar essa biblioteca, é necessário descrever o grafo na linguagem própria do software, DOT. (Daines, 2019)
- Vis.js – Essa é uma biblioteca de visualização de gráficos de propósito geral. Um de seus componentes é o Network, que pode ser utilizado para representar grafos. Além de ser uma biblioteca nativa para o uso em ambiente Web, a utilização dessa biblioteca é feita através por meio de código estruturado, em que os vértices e arestas são representados como objetos.

Comparando as duas bibliotecas, a Vis.js mostrou ser mais adequada para os propósitos deste trabalho.

### 3 ABORDAGEM PROPOSTA

A partir do referencial teórico apresentado no capítulo anterior, pretende-se desenvolver uma aplicação web que represente os grafos de evolução do conhecimento.

Não é objetivo deste trabalho fazer uma análise exaustiva dos modelos de maturidade, seus elementos e as relações entre eles. Portanto, para validar a aplicação construída, será utilizada a grade curricular da Graduação em Engenharia de Sistemas.

Apesar de não ser tratado como um modelo de evolução da maturidade nos moldes dos modelos descritos anteriormente – formal, estruturas do tipo grades curriculares podem representar uma rede para a evolução do conhecimento.

Assim como os modelos de maturidade definem os critérios e parâmetros de medição da evolução das capacidades, a grade curricular de um curso de graduação – ao definir e sequenciar as disciplinas obrigatórias e optativas que devem ser cumpridas por um estudante – funcionam como modelos de evolução do conhecimento.

**Comentado [AC39]:** De que forma?

**Comentado [AC40]:** Palavra muito forte - sugiro retirar, vc não vai fazer nem uma análise, quanto mais exaustiva

**Comentado [AC41]:** Se não vai fazer uma análise, porque eles foram incluídos no trabalho? Seria importante deixar claro, pois senão perde o sentido ter colocado eles no Capítulo 2

**Comentado [AC42]:** Você descreveu exemplos de modelos de maturidade, nada mencionou sobre grade curricular, e agora vai utilizar como exemplo a grade e não os modelos? Não faz sentido assim... fica solto... a estruturação de uma grade curricular deveria então fazer parte da revisão bibliográfica, também - concorda?

Sugiro procurar referências de grade curricular e, se não achar, buscar no Google, como estas aqui:  
A Matriz Curricular é um documento norteador da escola. É o ponto de partida de sua organização pedagógica. É a partir da matriz que se define que componentes curriculares serão ensinados na escola.

Ver também  
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=w eb&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjW2oe5utifiAhUSGb kGHU-ZAE8QFJACegQIARAB&url=https%3A%2F%2Fwww.catho.co m.br%2Feducacao%2Fblog%2Fvoce-sabe-a-diferenca-entre-matriz-e-grade-curricular%2F&usq=AOvVaw0YNFct3Xkl2ikifvMmsQH2 E>  
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=w eb&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewju0rLFydfiAhXeJrkG HaKpD5gQFjAAeqQIABAB&url=https%3A%2F%2Fblog.uceff. edu.br%2Fentenda-as-vantagens-de-um-curso-com-a-matriz-curricular-flexivel%2F&usq=AOvVaw1kABsG6sWva-vRSR5b9TWd>

**Comentado [AC43]:** Isso talvez pudesse ser colocado no item que descreve uma grade curricular, no Capítulo 2

As disciplinas podem ser compreendidas como capacidades, ou vértices nos grafos. E as relações de pré-requisitos formais podem ser entendidas como vínculos entre essas capacidades, ou arestas nos grafos.

A escolha desse modelo de maturidade se deve à familiaridade do autor, e à sua aplicação prática imediata.

Para atingir esse objetivo, devem ser realizados os seguintes passos:

**Comentado [AC44]:** Qual? O texto está solto aqui - falta introduzir ou especificar qual objetivo

1. Modelagem da grade curricular através por meio de um grafo
  - a. As disciplinas serão representadas como vértices e os pré-requisitos como arestas.
2. Desenvolvimento da aplicação-
  - a. A aplicação deverá ser capaz de receber o grafo definido no formato especificado e construir sua representação gráfica.
  - b. A aplicação será desenvolvida em ambiente web, utilizando a biblioteca Vis.js e algoritmos conhecidos de grafos.
3. Analisar o grafo construído a partir dos algoritmos de grafos.
  - a. Com o grafo modelado e a aplicação construída, algumas as análises dos dados representados nos grafos deverão poderão ser feitas realizadas, entre elas:-
  - b. As análises feitas, a princípio, serão:
    - i. Cálculo identificação das disciplinas críticas, a partir dos graus dos nós representados:-
    - ii. Cálculo do fluxo máximo entre duas disciplinas. Esse fluxo deverá representar um caminho possível para concluir uma disciplina:-
    - iii. Tempo mínimo para integralização (calculado a partir de um limite máximo de créditos a serem integralizados em um período).

**Comentado [AC45]:** Não teriam outras possíveis análises?

**Comentado [AC46]:** O que seria isso? Não está claro

A partir dessas atividades, pretende-se ter uma ferramenta eficiente e simples de usar que permita realizar as análises da evolução da maturidade através por meio dos grafos.

**Comentado [AC47]:** Quais? Desses passos, como dito anteriormente?

O método criado e a ferramenta têm potencialmente outras aplicações:

- Modelos de maturidade são utilizados na aplicação das melhores práticas de gestão ambiental (Costa Filho & Rosa, 2017).
- Modelos de maturidade também são utilizados em empreendedorismo (de Miranda, de Menezes, Ferreira, & Mendonça, 2015).

- Em psicologia, os mapas conceituais são representações esquemáticas dos conceitos imersos na rede de proposições do indivíduo. (Tavares, 2017). Atualmente são utilizados mapas mentais para fazer essas representações, a utilização de grafos, com o formalismo adequado, potencialmente pode revelar relações emergentes nesses sistemas.
- Music Map é um projeto que busca representar a genealogia da música. (Crauwels, 2019). Nesse projeto, os gêneros musicais já são representados através de um grafo, no entanto não são aplicados algoritmos como os de rede de fluxo para inferir relações emergentes no grafo.

**Comentado [AC48]:** Isso seria a sua parte de humanidades? É muito pouco!!!  
Você precisaria explorar isso melhor, em mais detalhes, criando um capítulo específico para esta parte, que é relevante no TCCl.

Verificar também os itens que o Renato obriga que estejam no TCCl, como coloquei no checklist



#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O texto da conclusão sumariza informações relevantes do contexto e objetivos do TCC? (considerar TCCI e TCCII)

O texto da conclusão retoma, de forma clara e objetiva, as principais ideias defendidas ao longo dos capítulos?

O texto da conclusão sintetiza os resultados obtidos em relação à proposta inicial?

O texto da conclusão alinha os objetivos do TCC às conclusões obtidas?

O texto da conclusão ressalta a contribuição do aluno em relação à proposição do TCC?

O texto da conclusão menciona possíveis desdobramentos futuros?

O texto da conclusão exprime o espírito crítico e argumentativo do aluno?

## REFERÊNCIAS

- Almenda, O. N. (2019). *Documentação vis.js*. Fonte: vis.js: <http://visjs.org/>
- Cormen, T. H. (2012). *Algoritmos, Teoria e Prática*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Crosby, P. B. (1979). *Quality Is Free*. New York: McGraw-Hill.
- Daines, M. (2019). *Documentação viz.js*. Fonte: viz.js: <https://github.com/mdaines/viz.js/wiki>
- Fowler, M. (22 de Agosto de 2014). *ShuHaRi*. Fonte: Martin Fowler: <https://martinfowler.com/bliki/ShuHaRi.html>
- Grando, N. (6 de Dezembro de 2013). *Simples, Complicado, Complexo ou Caótico*. Fonte: Blog do Nei: <https://neigrando.wordpress.com/2013/12/06/simples-complicado-complexo-ou-caotico/>
- Koehlegger, M., Maier, R., & Thalmann, S. (2009). Understanding Maturity Models Results of a Structured. *Proceedings of I-KNOW '09: 9th international conference on knowledge management and knowledge technologies*.
- Kurtz, C. F., & Snowden, D. J. (2003). The new dynamics of strategy: Sense-making in a complex and complicated world. *IBM Systems Journal - Volume: 42, Issue: 3*, 462-483.
- Moreira, D. A. (2005). *Teoria e prática em gestão do conhecimento*. Belo Horizonte: Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação, UFMG).
- Salviano, C. F. (2003). *Melhoria e Avaliação de Processo com ISO/IEC 15504 (SPICE) e CMMI*. Lavras: Universidade Federal de Lavras.
- Weinberg, G. M. (1992). *Software com qualidade*. Rio de Janeiro: Makron Books.
- Zambalde, A. L., & Alvez, R. M. (2004). *Gestão do Conhecimento e Inovação*. Lavras: Universidade Federal de Lavras.
- Ziviani, N. (2011). *Projeto de Algoritmos*. São Paulo: Cengage Learning.

