



Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação  
Departamento de Sistemas de Energia Elétrica



# ARQUITETURA DE ANOTAÇÕES DIGITAIS PARA GRUPOS COLABORATIVOS

**Autor(a): Christian Medeiros Adriano**

Orientador: Prof. Dr. Ivan L. M. Ricarte

**Dissertação de Mestrado** apresentada à Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica. Área de concentração: **Engenharia de Computação**.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Ivan L. M. Ricarte (presidente) — DCA/FEEC/UNICAMP

Prof. Dra. Renata Pontin de Mattos Fortes — ICMC/USP

Prof. Dr. Mario Jino — DCA/FEEC/UNICAMP

Campinas – SP  
20/12/2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

Ad84a Adriano, Christian Medeiros  
Arquitetura de anotações digitais para grupos  
colaborativos / Christian Medeiros Adriano. --Campinas,  
SP: [s.n.], 2010.

Orientador: Ivan Luiz Marques Ricarte.  
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de  
Computação.

1. Tecnologia educacional. 2. Metáfora. 3. Software  
- Arquitetura. 4. Escrita. 5. Taxonomia. I. Ricarte, Ivan  
Luiz Marques. II. Universidade Estadual de Campinas.  
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. III.  
Título.

Título em Inglês: Digital annotation architecture for collaborative groups

Palavras-chave em Inglês: Educational technology, Metaphor, Software -  
Architecture, Writing, Taxonomy

Área de concentração: Engenharia de Computação

Titulação: Mestre em Engenharia Elétrica

Banca examinadora: Renata Pontin de Mattos Fortes, Mario Jino

Data da defesa: 20/12/2010

Programa de Pós Graduação: Engenharia Elétrica

## COMISSÃO JULGADORA - TESE DE MESTRADO

**Candidato:** Christian Medeiros Adriano

**Data da Defesa:** 20 de dezembro de 2010

**Título da Tese:** "Arquitetura de Anotações Digitais para Grupos Colaborativos"

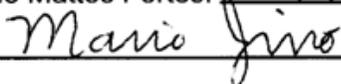
Prof. Dr. Ivan Luiz Marques Ricarte (Presidente):



Profa. Dra. Renata Pontin de Mattos Fortes:



Prof. Dr. Mario Jino:



# Resumo

Sistemas de anotação digital são desenvolvidos a partir de cenários parciais com requisitos arbitrários. Características acidentais e essenciais acabam misturadas em modelos não explícitos. Anotações e documentos são relacionados de maneira acidental de acordo com a tecnologia disponível. Esta situação de engenharia de software atende ao desenvolvimento de protótipos descartáveis. Entretanto, não suporta o projeto de arquiteturas de anotação digital para requisitos não-funcionais como extensibilidade, robustez e interatividade. Realizamos uma análise cuidadosa do conceito de anotação e descrevemos cenários de uso já adotados e suportados por alguma ferramenta. A extração de requisitos seguiu métodos objetivos passíveis de análise crítica. A partir desta base logicamente estruturada, desenhamos um modelo conceitual que serviu de suporte para classificar os sistemas existentes. O modelo foi transformado em um desenho sistêmico por meio de uma arquitetura de componentes que separa as características acidentais e essenciais. Demonstramos a efetividade do modelo implementando a arquitetura como plugins do ambiente Eclipse. Concluimos, retomando a cobertura das hipóteses propostas e os compromissos decorrentes da integração com uma plataforma pré-existente.

**Palavras-chave:** *Tecnologia educacional, Metáfora, Software - Arquitetura, Escrita, Taxonomia.*

# Abstract

Digital annotation systems are developed from partial scenarios with arbitrary requirements. Accidental and essential features end up mixed in non-explicit models. Notes and documents are related in accidental manner according to the available technology. Such software engineering situation addresses the development of disposable prototypes. However, it does not support the design of architectures for digital annotation for non-functional requirements such as extensibility, robustness and interactivity. We conducted a careful analysis of the concept of annotation and described use scenarios already adopted and supported by some kind of tool. The requirements extraction followed objective methods subjectable to critical analysis. From this logically structured foundation, we designed a conceptual model to serve as the basis for classifying existing systems. The model was transformed into a systemic design using a component architecture that separates the essential and accidental features. We demonstrate the effectiveness of the model by implementing the architecture as plugins of the Eclipse environment. We conclude by resuming the coverage of the proposed hypotheses and the trade-offs arising from the integration with a pre-existing platform.

**Keywords:** *Educational technology, Metaphor, Software - Architecture, Writing, Taxonomy.*

*Dedico este trabalho a todos aqueles que foram interrompidos antes de terminar,  
em especial ao colega Ralph Costa, Engenharia de Computação - Unicamp, 1993.*

# Agradecimentos

Agradeço a contribuição das seguintes pessoas: ao meu orientador, professor Ivan Ricarte, pela disposição renovada em analisar, criticar e direcionar meu amadurecimento como cientista; ao amigo Roberto Silveira Silva Filho, pela interlocução preciosa sobre método e abordagem de pesquisa; ao amigo Matthias Brust, pela curiosidade e colaboração na publicação de vários artigos; à minha esposa Ana Carolina Adriano, por todo o incentivo sincero e resolutivo, e pelas tantas horas de convivência cedidas à pesquisa; ao pai Alírio Cândido Adriano e à família, pelo apoio e pela parte significativa do suporte financeiro; à FAPESP e à FEEC pelos suportes materiais e financeiros concedidos.

# Sumário

Lista de Figuras .....	xv
Lista de Tabelas .....	xvii
1 Introdução .....	21
1.1 Declaração do Problema de Pesquisa .....	21
1.2 Espaço de Investigação e Abordagem Metodológica .....	22
2 Anotação Digital .....	25
2.1 Introdução .....	25
2.2 Conceito de Anotação Digital .....	25
2.3 Sistemas de Anotação Digital .....	28
2.4 Cenários de Uso .....	32
2.4.1 Cenário de Leitura .....	32
2.4.2 Cenário de Tomar Notas .....	33
2.4.3 Cenário de Ontologias e Bibliotecas Digitais .....	34
2.4.4 Cenário de Discussão .....	35
2.4.5 Cenário de Escrita .....	35
2.4.6 Cenário de Revisão .....	36
2.4.7 Análise dos Cenários .....	37
2.5 Conclusão do Capítulo .....	39
3 Requisitos .....	41
3.1 Introdução .....	41
3.2 Teoria das Metáforas Conceituais .....	41
3.3 Aplicação das Categorias aos Cenários de Uso .....	44
3.3.1 Cenário de Leitura .....	45
3.3.2 Cenário de Discussão .....	46
3.3.3 Cenário de Escrita .....	47
3.3.4 Cenário de Revisão .....	47
3.4 Conclusão do Capítulo .....	48
4 Modelo Conceitual .....	51
4.1 Introdução .....	51
4.2 Aspectos Estáticos do Modelo .....	51
4.3 Aspectos Dinâmicos do Modelo .....	57
4.3.1 Concorrência entre Grupos de Colaboradores .....	57
4.3.2 Concorrência entre Editar e Anotar .....	59
4.3.3 Algoritmos e Heurísticas de Solução .....	60
4.3.4 Aspectos Complementares .....	62
4.4 Conclusão do Capítulo .....	63

5	Classificação de Sistemas de Anotação Digital .....	65
5.1	Introdução .....	65
5.2	Método de Classificação .....	65
5.3	Classes Paradigmáticas.....	67
5.4	Análise da Distribuição dos Sistemas – Questão-1.....	68
5.5	Análise dos Relacionamentos – Questão-2.....	72
5.6	Conclusão do Capítulo .....	76
6	Arquitetura Proposta .....	79
6.1	Introdução .....	79
6.2	Fronteira da Aplicação.....	79
6.3	Estilos e Elementos Arquiteturais .....	85
6.4	Conclusão do Capítulo .....	88
7	Implementação .....	91
7.1	Introdução .....	91
7.2	Ambiente de Autoria (Pluggable Component Framework) .....	91
7.3	Plugin Jupiter e Adaptações .....	92
7.4	Componente ReviewFactoryPlugin (CORE).....	94
7.5	Componente CollabReviewPlugin (Segregated Core).....	95
7.6	Componente AuthenticationPlugin (Generic Subdomain).....	98
7.7	Conclusão do Capítulo .....	100
8	Conclusões.....	101
8.1	Demonstração das Hipóteses.....	101
8.2	Resumo das Contribuições.....	102
8.3	Propostas de Trabalhos Futuros.....	103
	Apêndice.....	105
	Referências Bibliográficas .....	112

# Lista de Figuras

Figura 1.1 Ilustração da abordagem metodológica adotada.....	23
Figura 2.1 Sistemas publicados e ciclos tecnológicos.....	28
Figura 2.2 Linha do tempo de evolução dos sistemas de anotação digital.....	31
Figura 3.1 Hierarquia de mapeamento para metáfora “O Amor é uma Jornada” .....	44
Figura 3.2 Resumo das projeções da metáfora anotação para os cenários selecionados ..	45
Figura 3.3 Resumo das características extraídas.....	49
Figura 4.1 Primeira alternativa: documento agrega anotações .....	51
Figura 4.2 Segunda alternativa: separação entre posicionamento e visualização .....	52
Figura 4.3 Terceira alternativa: delegação do posicionamento para o lugar .....	52
Figura 4.4 Quarta alternativa: notável e autor .....	53
Figura 4.5 Paradigmas para tipos de lugar-de-anotação (a- Ponte, b- Caminho, c- Lugar) .....	54
Figura 4.6 Lugar-de-anotação em um objeto 3D.....	55
Figura 4.7 Diagrama de classe contemplando os tipos de lugar-de-anotação .....	56
Figura 4.8 Processo de realizar anotações em um documento .....	57
Figura 4.9 Processo de editar documento .....	57
Figura 4.10 Contextos de revisão concorrentes sobre um documento. Revisores: A (Alex - Oficial de segurança), B (Bia - Arquiteta de software), C (Carol – Líder de sustentação). Ex.: B1 – anotação feita por Bia.....	58
Figura 4.11 Modelo com inclusão dos conceitos de contexto e papel .....	59
Figura 4.12 Ilustração do conflito entre anotar e editar .....	59
Figura 5.1 Quadrantes de autonomia .....	67
Figura 5.2 Distribuição de quadrantes por tipos de lugar-de-anotação.....	70
Figura 5.3 Distribuição de lugares-de-anotação por quadrantes .....	71
Figura 5.4 Ocorrência das funcionalidades mais populares nos quadrantes .....	72
Figura 5.5 Resultado do filtro das classes lugar-de-anotação versus quadrante .....	73
Figura 5.6 Grafo da taxonomia de características dos sistemas de anotação existentes ...	75
Figura 6.1 Ilustração da fronteira sistêmica como a borda de um conjunto.....	79
Figura 6.2 Sequência de concepções utilizadas para chegarmos à definição operacional da essência.....	81
Figura 6.3 Hierarquia de critérios de seleção de essenciais .....	83
Figura 6.4 Elementos do CORE .....	86
Figura 6.5 Reconciliador como SEGREGATED CORE .....	87
Figura 6.6 Componentes do GENERIC SUBDOMAIN .....	87

Figura 7.1 Componentes implementados e integrados ao plugin Jupiter .....	91
Figura 7.2 Configuração da revisão .....	92
Figura 7.3 Criação de ocorrências de revisão .....	93
Figura 7.4 Implementação do lugar âncora com duas ocorrências na mesma posição ....	93
Figura 7.5 Lugar-de-anotação para discussão do processo de revisão.....	94
Figura 7.6 Recuperação e gravação de revisões (Review) e ocorrências (Issue) .....	95
Figura 7.7 Diagrama de classe dos objetos responsáveis pela conciliação .....	97
Figura 7.8 Diagrama de sequência da conciliação.....	98
Figura 7.9 Integração do componente autenticação com o plugin Jupiter para garantir integridade de autoria .....	99

# Lista de Tabelas

Tabela 2.1 Tipos de atividade por cenário .....	37
Tabela 2.2 Espectros de colaboração, motivos e versões de documento.....	38
Tabela 2.3 Relação entre anotações e documento.....	39
Tabela 4.1 Mudanças no documento e impacto na posição dos lugares-de-anotação .....	60
Tabela 4.2 Conceitos para conciliação de conflito de posicionamento de lugar-de-anotação .....	60
Tabela 4.3 Ações e extensões do modelo .....	63
Tabela 5.1 Origem dos sistemas quanto a áreas de pesquisa e conferências.....	69
Tabela 5.2 Distribuição de sistemas nos quadrantes.....	69
Tabela 5.3 Concentração de tipos de lugares-de-anotação.....	70
Tabela 5.4 Análise de correlação entre as classes.....	74
Tabela 6.1 Critérios de seleção derivados de princípios fundamentais .....	81
Tabela 6.2 Critérios de seleção de essenciais .....	82
Tabela 6.3 Aplicação dos critérios aos requisitos.....	84
Tabela 7.1 Mapeamento entre entidades.....	94
Tabela 7.2 Exemplo de mapa de equivalência .....	96
Tabela 0.1 Glossário para as fontes/origens de sistemas (conferências e periódicos) .....	105
Tabela 0.2 Classificação de sistemas (origem, quadrantes e tipos de lugar-de-anotação) .....	106
Tabela 0.3: Classificação de sistemas quanto às funcionalidades suportadas.....	108
Tabela 0.4: Classificação de sistemas quanto ao tipo de persistência.....	110

# Trabalhos publicados pelo autor

## Trabalhos dentro da temática desta dissertação

1. **Christian M. Adriano**, Matthias R. Brust, Ivan L.M. Ricarte, “Metaphor Entailments in Digital Annotation Design”, *in proceedings of InterTech*, CDROM, 2008
2. **Christian M. Adriano**, Matthias R. Brust, Ivan L. M. Ricarte, “Redesigning Computer-Based Learning Scenarios: Evaluation as Communication”, *in proceedings of EISTA*, CDROM, 2004
3. Alberto B. Raposo, Adailton J.A. da Cruz, **Christian M. Adriano**, Léo P. Magalhães, “Coordination components for collaborative virtual environments”, *in Computers & Graphics v.25(6)*, pp. 1025-1039, 2001
4. **Christian M. Adriano**, Alberto Raposo Barbosa, Ivan L. M. Ricarte, Léo Pini Magalhães, “Changing Interaction Paradigms in Annotation Environments”, *in proceedings of the World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications - EDMEDIA*, pp. 63-68, 2000
5. **Christian M. Adriano**, Adriane Medeiros & Ivan L. M. Ricarte, “When is an interactive learning scenario a matter of interface design?”, *in proceedings of the World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications - EDMEDIA*, pp. 1574-1575, 2000
6. **Christian M. Adriano**, Armando L. N. Delgado, Luiz G. Silveira, Raquel C. Bosnardo, Ivan L. M. Ricarte, Léo Pini Magalhães, “Inquiring the Course Paradigm with CALM”, *in proceedings of the First International Conference on Engineering and Computer Education*, CDROM, 1999

## Trabalhos publicados pelo autor, mas fora da temática desta dissertação

7. Willie Dresler Leiva, **Christian M. Adriano**, Paulo César Masiero, “Computer support for authorship of questionnaires”, *in proceedings of the Second International Conference on Engineering and Computer Education – ICECE*, CDROM, 2000
8. Ellen Francine Barbosa, **Christian M. Adriano**, José Carlos Maldonado, Ivan L. M. Ricarte, Mario Jino, “Fostering theoretical, empirical and tool specific knowledge in a software testing learning scenario”, *in proceedings of the Second International Conference on Engineering and Computer Education – ICECE*, CDROM, 2000
9. José Eduardo M. Lobo, Jorge Luis Risco Becerra, Matthias R. Brust, Steffen Rothkugel, **Christian M. Adriano**, “Developing a Collaborative and Autonomous Training and Learning Environment for Hybrid Wireless Networks”, *in proceedings of the Global Congress on Engineering and Technology Education*, CDROM, 2005

# 1 Introdução

## 1.1 Declaração do Problema de Pesquisa

Para fins de clareza e objetividade, utilizaremos a seguinte definição inicial para anotação digital: é o produto da interação com o texto ou qualquer objeto digital passível de receber comentários em mídia também digital. Passamos agora ao problema de pesquisa.

Protótipos e sistemas de anotações são projetados de maneira ad hoc. Os sistemas são construídos a partir zero devido à falta de uma conceituação essencial para reuso. Como consequência, as soluções misturam aspectos acidentais e essenciais. As metáforas de anotação são utilizadas sem tratamento de efeitos colaterais. Os sistemas tornam-se dependentes da tecnologia de editores, navegadores e dos tipos de documentos disponíveis. As consequências imediatas do problema declarado são três questões de pesquisa circunscritas à arquitetura de anotações digitais.

- Questão - 1: Quais requisitos são essenciais para sistemas de anotação digital?
  - Hipótese: acesso às anotações e autonomia entre anotações e documentos. São requisitos independentes, dos quais derivamos requisitos funcionais e não-funcionais essenciais.
  
- Questão - 2: Como garantir reuso destes requisitos entre vários cenários de uso colaborativo?
  - Hipótese: modelo fundamentado em categorias conceituais e sistematizado numa arquitetura com pontos de extensão separando requisitos acidentais dos essenciais.
  
- Questão - 3: Quais são os compromissos entre reuso e aderência aos cenários?
  - Hipóteses:
    - Há um compromisso tecnológico decorrente da tensão entre a tecnologia de documento (aberta, proprietária, binário, ASCII, etc.) e a respectiva ferramenta de edição e visualização;
    - Há um compromisso arquitetural decorrente da imposição de características acidentais necessárias à realização do cenário.

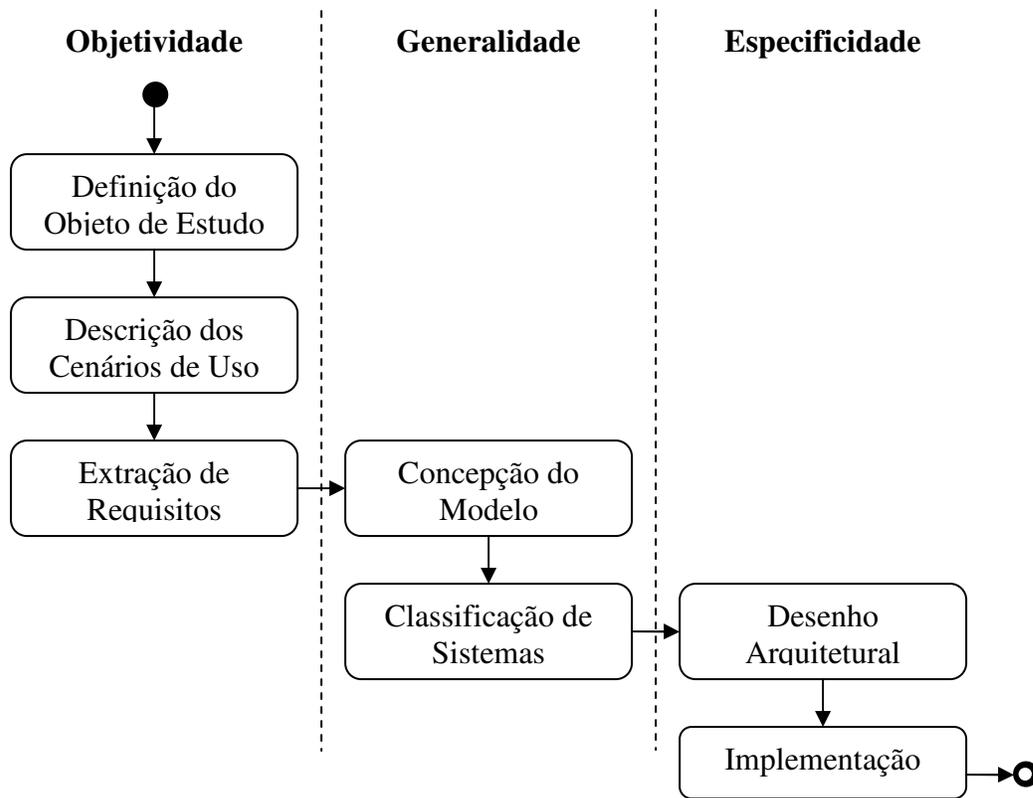
## 1.2 Espaço de Investigação e Abordagem Metodológica

As pessoas anotam em lugares específicos de um documento e podem ter acesso a anotações públicas ou de um grupo de colegas. Pessoas anotam como parte da atividade de leitura, ou como uma atividade de autoria colaborativa, ou até mesmo para discussão.

Devido ao amplo espectro de pesquisas em anotações digitais, é necessário declarar já o espaço de investigação deste trabalho - a arquitetura de sistemas de anotação digital. Partiremos de questões sobre a forma de fazer anotações (como as pessoas anotam), mas sempre direcionaremos para os respectivos suportes tecnológicos. Portanto, questões relativas ao objeto e à motivação das anotações não são centrais para este trabalho. O objeto da anotação remete a estudos de leitura e produção de textos. A motivação das anotações remete a estudos de processos cognitivos freqüentemente investigados em interação homem-computador e em psicologia educacional. Abordaremos estas questões somente para compreender a maneira de fazer anotação, nunca para discutir o motivo ou a qualidade do resultado. Não trataremos, portanto diretamente de questões de interação homem-computador, tais como usabilidade e fatores promotores de colaboração.

A abordagem metodológica consistiu em sete etapas (Figura 1.1.). Organizamos as etapas para garantir objetividade ao contexto da pesquisa, generalidade dos métodos de investigação e especificidade das soluções propostas. Em outras palavras, buscamos resolver um problema bem definido a partir de modelos e teorias instanciados em soluções concretas.

Para definição do objeto de estudo, analisamos o entendimento já obtido por outros pesquisadores acerca da anotação manuscrita em papel, mais especificamente, anotações como resultado de atividades de leitura e de revisão de textos. A descrição dos cenários de uso se baseia em uma organização das situações reais identificadas na literatura. Desta forma, garantimos que os cenários não sejam um exercício de extrapolação subjetiva e arbitrária. A extração de requisitos é feita a partir da instanciação de uma teoria de metáforas conceituais para analisar os cenários de maneira sistemática e verificável. A concepção dos modelos envolve elementos estáticos, dinâmicos e as premissas reconhecidas nos cenários. O modelo sintetiza um entendimento lógico e abstrato da atividade de anotar. Este entendimento não é isento de interesse, pois está direcionado a operacionalizar a metáfora de anotação digital concebida. A classificação de sistemas ordena a realidade de sistemas existentes a partir dos atributos do modelo conceitual proposto. Desta forma, identificamos lacunas e criticamos os sistemas existentes à luz do modelo proposto. O desenho arquitetural estabelece a fronteira da aplicação a partir da divisão entre características essenciais e acidentais. Tal divisão é baseada em um conceito de essência e em critérios derivados de princípios de engenharia de software. Além disto, estabelecemos um estilo arquitetural baseado em componentes e em padrões de domínio de aplicação. A implementação valida as premissas arquiteturais, tangibiliza o nível de reuso obtido e qualifica a aderência do sistema ao modelo proposto.



**Figura 1.1 Ilustração da abordagem metodológica adotada**

Os capítulos estão na mesma ordem da abordagem ilustrada na Figura 1.1. O Capítulo-2 define e contextualiza o conceito de anotação digital dentro da produção científica existente. A extração de requisitos é demonstrada no capítulo-3 utilizando um método baseado em uma teoria de metáforas conceituais. A concepção do modelo em aspectos estáticos e dinâmicos é feita no Capítulo-4. A seguir validamos o modelo frente aos sistemas concorrentes por meio de uma classificação extensiva de sistemas de anotação (Capítulo-5). Sistematizamos o modelo proposto em um desenho arquitetural baseado em componentes de software (Capítulo-6). A implementação da arquitetura é apresentada no Capítulo-7 e as conclusões no Capítulo-8. O apêndice fornece as tabelas com todos os sistemas classificados que utilizamos no Capítulo-2 e no Capítulo-5.

## 2 Anotação Digital

### 2.1 Introdução

Anotação digital é um termo utilizado em diferentes áreas de pesquisa como web-semântica, bibliotecas digitais, interação-homem computador e CSCW (*Computer Supported Collaborative Work*). Portanto, é crítico definir o objeto de estudo não apenas conceitualmente, mas também quanto aos usos e aos suportes tecnológicos válidos para o problema de pesquisa proposto. Portanto, organizamos este capítulo em três partes. Primeiro, definimos o conceito de anotação a partir de pesquisas em fatores humanos. Segundo, realizamos um levantamento da evolução dos sistemas com suporte à anotação digital. Por fim, analisamos os cenários de uso de anotação digital abordados pela literatura científica.

### 2.2 Conceito de Anotação Digital

Encontramos no W3C-Annotation Working Group (W3C [1995]) a seguinte definição: “em geral, uma anotação é definida como um objeto associado a qualquer outro objeto por meio de um relacionamento. O objeto anotação pode ser de qualquer tipo e o relacionamento também pode ser de qualquer tipo.” Esta definição é bastante genérica, o que se torna um problema, pois não permite distinguir a anotação de objetos tais como âncoras, links, mensagens de grupos de discussão, ou mesmo combinações como os chats. Desta forma, realizamos uma investigação de como as anotações tanto manuscrita quanto digital já foram concebidas.

Anotações para Tomar Notas: A atividade de tomar nota foi extensivamente estudada pela área de psicologia educacional, que se concentrou em problemas de efetividade das anotações como processo e como produto (Kiewra [1985] e Carter & van Matre [1975]). Ladas [1980] sugere que a atividade de tomar notas deva ser orientada por meio de pistas dadas pelo professor, de modo a informar os alunos acerca de quando e sobre o que tomar notas. Kiewra et al. [1988][1991] estudaram técnicas e impactos no aprendizado em três cenários de tomada de notas - codificação (tomar notas e não revisar), codificação e armazenagem (tomar notas e revisar) e armazenagem externa (não tomar notas e revisar as notas de um colega). Em um cenário computadorizado, Armel & Shrock [1996] retomaram a questão de quando um estudante deve ser requisitado a tomar notas.

Anotação como revisão: Buscamos exemplos de intenções explícitas de anotação, para tanto, estudamos dois manuscritos do acervo da Biblioteca Nacional no Rio de Janeiro - "Namoros com a Medicina" de Mário de Andrade de 1935 e "Numa e Nympha" de Afonso Henrique de Lima Barreto de 1914. O manuscrito de Mário de Andrade consiste de uma série de anotações realizadas sobre o texto de um artigo que o próprio autor publicou na Revista de Publicações

Médicas. Este artigo era um estudo de Mário de Andrade sobre credences acerca do uso terapêutico de excretos. O manuscrito de Lima Barreto consiste de anotações sobre o texto de uma edição da própria obra "Numa e Nympha". Lima Barreto faz uso das anotações para corrigir erros de português e acrescentar novos conteúdos à obra. Destes manuscritos, identificamos que os autores apresentam duas formas de anotar: escolha de lugares no texto e escolha da aparência da anotação. A escolha do lugar reflete tipo de conteúdo. Correções são feitas sobre as letras do texto. Novas idéias são anotadas nas laterais. A aparência da anotação determina a intenção do autor. Mário de Andrade utiliza lápis e canetas de cores diferentes de acordo com a intenção. Anotações em caneta servem para corrigir erros tipográficos e acrescentar novas discussões ao texto. A caneta vermelha caracteriza as anotações da versão mais recente, enquanto a caneta preta corresponde a uma primeira análise do texto pelo autor. As anotações a lápis classificam parágrafos por assuntos (no seu caso, doenças). Há diversos exemplos de anotações sobre anotações.

Anotação como vestígio da leitura: O antropólogo Michel de Certeau interpreta a leitura como uma operação de caça, como vemos no trecho a seguir.

“Com efeito, ler é peregrinar por um sistema imposto (o do texto, análogo à ordem construída de uma cidade ou de um supermercado)... Se, portanto, o livro é um efeito (uma construção) do leitor, deve-se considerar a operação deste último como uma espécie de lectio, produção própria do leitor. Este não toma nem o lugar do autor nem um lugar de autor. Inventava nos textos outra coisa que não aquilo que era a intenção deles. Destaca-os de sua origem (perdida ou acessória). Combina os seus fragmentos e cria algo não-sabido no espaço organizado por sua capacidade de permitir uma pluralidade indefinida de significações.” (página 264 em de Certeau [1998])

Assim, para de Certeau, o leitor ao anotar não realiza uma autoria e sim um emaranhado de interpretações, indagações, adendos e destaques. Por outro lado, as pesquisas etnográficas de Marshall [1997][1998] defendem as anotações como um produto inteligível da leitura. Para tanto, Marshall estudou anotações de estudantes em livros de uma biblioteca. Como não teve acesso aos estudantes, utilizou somente os produtos das anotações para classificá-las, tais como marcações para ênfase, referência, interpretações e associações. Estas anotações como vestígios de leitura apresentam intenções tácitas e de caráter idiossincrático, pois com o passar do tempo perdem significado, mesmo para o autor das anotações. Portanto, para Marshall, o leitor não é autor do texto, mas autor de anotações. Esta conclusão concilia as concepções inicialmente conflitantes (de Certeau e Marshall).

Anotação como autoria contextualizada: Experimentos de usabilidade feitos na Microsoft Research (Cadiz, Gupta & Grudin [2000] e Brush et al. [2000]) demonstraram o impacto da falta de contexto (pela perda de posição das anotações). Do ponto de vista teórico, Botoni, Levaldi & Rizzo [2003] recorrem a teorias de organização de texto para declarar a falta de autonomia que as anotações possuem em relação ao contexto.

Anotação como referência e auxílio à memória: Em um estudo etnográfico comparando leitura em papel e leitura on-line, O'Hara & Sellen [1997] observaram a utilização de anotações como auxílio à compreensão do texto e também para destacar elementos que possam ser reaproveitados. Ovsianikov, Arbib & McNeill [1999] investigaram a forma e o objeto das anotações em papel e descobriram que são utilizadas tanto durante a leitura quanto após a leitura (como em O'Hara & Sellen [1997]). Segundo ambas as pesquisas, as anotações são utilizadas como auxílios à memória, pois são marcas de interpretação (questionamentos, reflexão e opinião), complementação ou re-escrita nas próprias palavras. As pessoas entrevistadas também declararam usar anotações para discutir trechos do texto com colegas. Anotações compartilhadas começam a funcionar como instrumento de comunicação e, portanto, as características que antes eram implícitas no paradigma do papel, se tornam explícitas. Algumas destas características são: a intenção (ou motivo) da anotação, a relação entre anotações, meta-informação (autor, data) e lugar no texto (in-line, pop-up, margens).

Com base nos estudos em anotações em papel, é possível isolar a definição do objeto anotação de qualquer interferência de acepção tecnológica, circunscrevendo-a e diferenciando-a de outras possíveis concepções.

### **Definição de Anotação Digital**

Anotação é subproduto da interação com o texto ou qualquer objeto digital passível de receber anotações. Anotações são feitas com intenções tácitas (estudos de Marshall) ou explícitas (estudos dos Manuscritos da Biblioteca Nacional). Entretanto, em ambas as intenções, as anotações dependem do contexto para ganhar significado (Microsoft Research). Anotação é resultado de atividades cognitivas e não automáticas. Portanto, não decorrem de traduções entre linguagens (oral para escrita), como é o caso da prática de tomar notas. Anotações não são marcações semi-automáticas, como é caso das ontologias de meta-informação.

Desta definição abstraímos os aspectos de autonomia e de interdependência entre anotações e documentos. A autonomia das anotações implica que elas devem existir separadamente, tanto física quanto temporalmente dos respectivos documentos. A eliminação de um documento não elimina suas anotações. A interdependência entre anotação e documento implica que a autoria do documento deve utilizar as anotações como insumo. Entretanto, anotar deve continuar sendo uma atividade diferente de editar. Estes dois aspectos serão retomados nos cenários de uso, no modelo conceitual e na solução arquitetural proposta.

Os estudos de anotações em papel também demonstram duas limitações: a dificuldade física de compartilhá-las e o caráter tácito da motivação do anotador. A primeira dificuldade será analisada no panorama de tecnologia disponível descrita no tópico a seguir. A segunda dificuldade será descrita nos cenários de uso do tópico 2.4.

## 2.3 Sistemas de Anotação Digital

Fizemos uma revisão tecnológica com o objetivo de localizar a pesquisa de maneira histórica. Descrevemos a evolução da tecnologia a partir do ano de 1987 e analisamos mais de 80 sistemas. Recortamos o continuum de pesquisas em ciclos (Figura 2.1). Cada ciclo representa a adoção de nova tecnologia e se caracteriza por um pico de publicações, queda e surgimento de nova tecnologia. Desta forma, identificamos quatro ciclos:

- Ciclo-1 Aplicativos stand-alone (início em 1987);
- Ciclo-2 Anotações em páginas Web (início em 1994);
- Ciclo-3 Tecnologia XML (início em 2000);
- Ciclo-4 Web 2.0, Plugins e Cloud Computing (início em 2004).

A seguir detalhamos os problemas tratados em cada ciclo tecnológico.

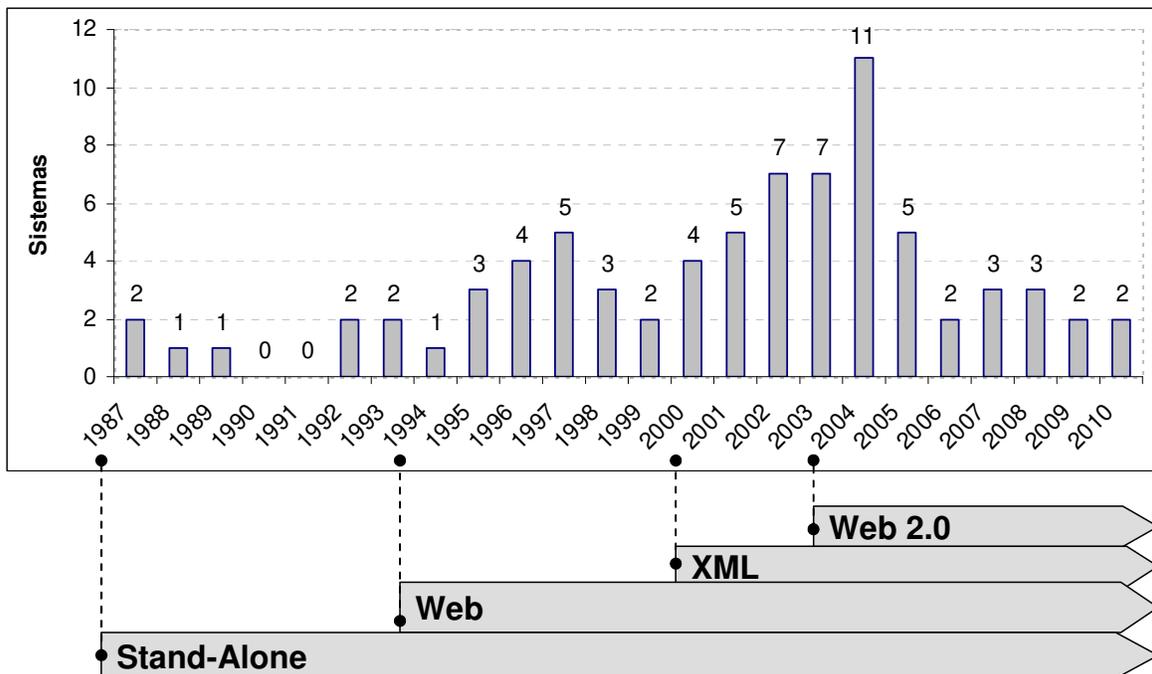


Figura 2.1 Sistemas publicados e ciclos tecnológicos

Ciclo-1: Recursos de anotação começam a ser discutidos dentro de um contexto de autoria colaborativa em sistemas hipermídia anteriores à rede WWW. A metáfora de cartões foi muito explorada para modelar visualmente a estrutura de documentos e as contribuições individuais. São exemplos destes sistemas o HyperCard (Apple [1987]), Notecards (Halasz [1988]), Quilt (Leland, Fish & Kraut [1988]), Internote (Catlin, Bush & Yankelovich [1989]), Aquanet (Marshall et al. [1991]) e Sepia (Haake & Wilson [1992]). Os problemas tratados neste ciclo são a busca por anotações e a associação de anotação ao documento. Este segundo problema nunca foi encerrado, sendo retomado à medida que nova tecnologia se tornou disponível. Neuwirth et al. [1990] implementaram um sistema *stand-alone* de autoria colaborativa baseado em anotações (chamado Prep) e destacaram a necessidade de uma separação visual entre anotações e texto. O aplicativo MSWord na versão 97 passou a exibir as anotações “in-situ” (junto ao texto a que se

referem). Com as listas de discussão, vislumbrou-se a anotação sobre anotação. Por último, apareceram recursos para colaboração em tempo real, como notificação de novas anotações e janelas de chat dentro do documento.

Ciclo-2: A difusão exponencial da rede WWW abre uma nova perspectiva na evolução da anotação digital. A facilidade de editar, publicar e acessar as páginas HTML, logo inspirou cenários de anotação sobre o conteúdo Web. Dois grandes problemas são explicitados neste ciclo - o posicionamento de anotações e a arquitetura de repositórios e servidores. O problema de arquitetura se tornou premente devido à mudança de aplicações locais para um ambiente distribuído. Questões de persistência, composição e acesso, que antes estavam resolvidas em um único local, agora nasciam segregadas e com alta complexidade para extensão. A primeira abordagem foi o Proxy entre navegador e servidor. O Proxy inseria anotações na página antes de entregar ao navegador, portanto sem requerer alterações nos servidores ou navegadores. Foram experimentadas no decorrer do tempo, três soluções. O Proxy como um terceiro componente - sistema PanBrowser (Schickler, Mazer & Brooks [1996]). O Proxy embutido no servidor de páginas - sistema Madcow (Bottoni et al. [2004]). Proxy embutido no navegador - sistemas Amaya (Kahan, Koivunen & Hommeaux [2001]), Annozilla ([www.annozilla.org](http://www.annozilla.org)) e Internet Explorer (WebAnn em Brush [2002]).

O segundo problema é a perda de posicionamento das anotações. Como as anotações são mantidas separadas das páginas, qualquer alteração na página acarreta perda de posição da anotação. O sistema CoNote (Davis & Huttenlocher [1995]) resolveu o problema de maneira simples pré-estabelecendo posições no texto. Uma solução também simples foi adotada pelo sistema Multivalent Annotations (Phelps & Wilensky [1997]), que utilizou partes do conteúdo do texto (uma palavra) como indexador. Em soluções desktop, a indexação por conteúdo foi amplamente adotada (ex.: Acrobat® e MSWord®). Uma solução mais sofisticada baseada na separação entre estrutura e conteúdo foi desenvolvida por nós no protótipo AnnotTool integrado ao ambiente CALM (Adriano et al. [1999]). Neste caso associamos a posição da anotação a um tag invisível, como por exemplo, o tag de parágrafo (<P>). Assim, a posição somente seria perdida caso o parágrafo fosse removido.

Ciclo-3: Em nenhuma das soluções de proxy foram descritas estratégias de composição, tais como escolha de bases de anotação ou escolha de elementos estruturais do documento onde permitir anotações (parágrafo, figura, linha). Portanto, esta foi uma limitação deixada em aberto e que somente no ciclo-3 foi tratada. Com o advento da tecnologia XML, vemos primeiramente em Hori, Abe & Ono [2000] e mais tarde no sistema Madcow (Bottoni et al. [2004]) soluções de posicionamento baseadas nos padrões Xpath W3C [1999a] e XSLT W3C [1999b]. Estas soluções compartilham a mesma abordagem do AnnotTool de separação entre conteúdo e estrutura, trazendo, no entanto, os benefícios da automação e da padronização. Complementarmente, houve experimentos com formatos de descrição de recursos e de documentos. Os dois concorrentes são a especificação CAF (Common Annotation Framework) da Microsoft inspirada no padrão XLink e a especificação RDF (Resource Description Framework) que utiliza o padrão XPointer. Com isto, passa a ser possível fornecer recurso de anotação embutido nos navegadores

(ver Amaya e Annozilla). Entretanto, estas soluções não eram extensíveis e continuaram requerendo alterações no código dos navegadores. Soluções de extensibilidade por meio de plugins e APIs somente estarão disponíveis a partir do ciclo-4.

Quanto a mídias como vídeo, imagem e ambientes 3D, há também experimentos com a tecnologia XML. O sistema A4SM (Nack & Putz [2001]) utiliza XML para posicionar anotações em um arquivo MPEG-7. Com a mesma abordagem, o sistema Ambulant (Bulterman [2003]) utiliza um padrão próprio XML chamado SMIL. Experimentos em ambientes 3D foram feitos por nós em um protótipo VRML (Adriano et al. [2000]) e também por Jung, Gross & Yi-Luen [2002]. Ambos os grupos investigaram a usabilidade das anotações para colaboração.

Ainda no ciclo-3 é inaugurado o problema de busca de conteúdo por meio de anotações. Assim aparecem os primeiros trabalhos de web semântica. A preocupação predominante é a riqueza de descrição dos formatos XML. Para tanto, são propostas tags com atributos específicos de autoria, data e tipo de anotação. Exemplos são o padrão Annotea (Kahan, Koivunen & Hommeaux [2001]) e o framework Dublin Core (Campbell [2002]). O problema da web semântica se desdobra para fora da área de autoria colaborativa e se desenvolve com métodos de inteligência artificial para busca e indexação automática de conteúdos. Assim as anotações deixam de ser instrumento de comunicação para se tornarem parte de uma ontologia. Uren et al. [2006] realizaram um amplo levantamento de sistemas de anotação automática para web semântica (<http://annotation.semanticweb.org/tools>).

Ciclo-4: Os avanços da tecnologia Javascript e XML aliados à disponibilidade de espaço de armazenamento viabilizaram aplicações Web altamente interativas. Exemplo destas aplicações são os sistemas Google Docs ([docs.google.com](http://docs.google.com)), Google Wave ([wave.google.com](http://wave.google.com)), A.nnotate ([a.nnotate.com](http://a.nnotate.com)), Reframeit ([reframeit.com](http://reframeit.com)), Crocodoc ([crocodoc.com](http://crocodoc.com)) e Blerp ([www.blerp.com](http://www.blerp.com)). Aplicações desktop como OneNote ([www.microsoft.com](http://www.microsoft.com)) e Basket ([basket.kde.org](http://basket.kde.org)) foram desenvolvidas para disponibilizarem documentos e anotações num único repositório local. Em todas estas aplicações o documento original é convertido para uma representação interna que permite a manipulação pela camada de apresentação. Estas soluções possuem extensibilidade limitada à camada de apresentação seja por meio de plugins de navegadores ou APIs de desenvolvimento para Javascript (Google Workbench). Apesar de facilitar a integração com os navegadores, o desenvolvimento em Javascript torna a camada de apresentação complexa e de difícil extensão. A principal dificuldade é a conversão entre formatos de representação dos navegadores e os repositórios de anotação. A iniciativa do Open Annotation Collaboration ([www.openannotation.org](http://www.openannotation.org)) busca resolver este problema com um modelo padrão para compartilhamento de anotações (ver exemplo de implementação em Gerber, Hyland & Hunter [2010]).

De forma mais detalhada, traçamos uma linha do tempo (Figura 2.2) dos sistemas. Vemos que os ciclos foram impulsionados pelas ondas tecnológicas Web, XML e Ajax. Isto reflete a falta de foco em questões fundamentais como arquiteturas de reuso. A seguir trataremos dos cenários de uso que fornecerão uma visão funcional mais detalhada do estado atual da tecnologia.

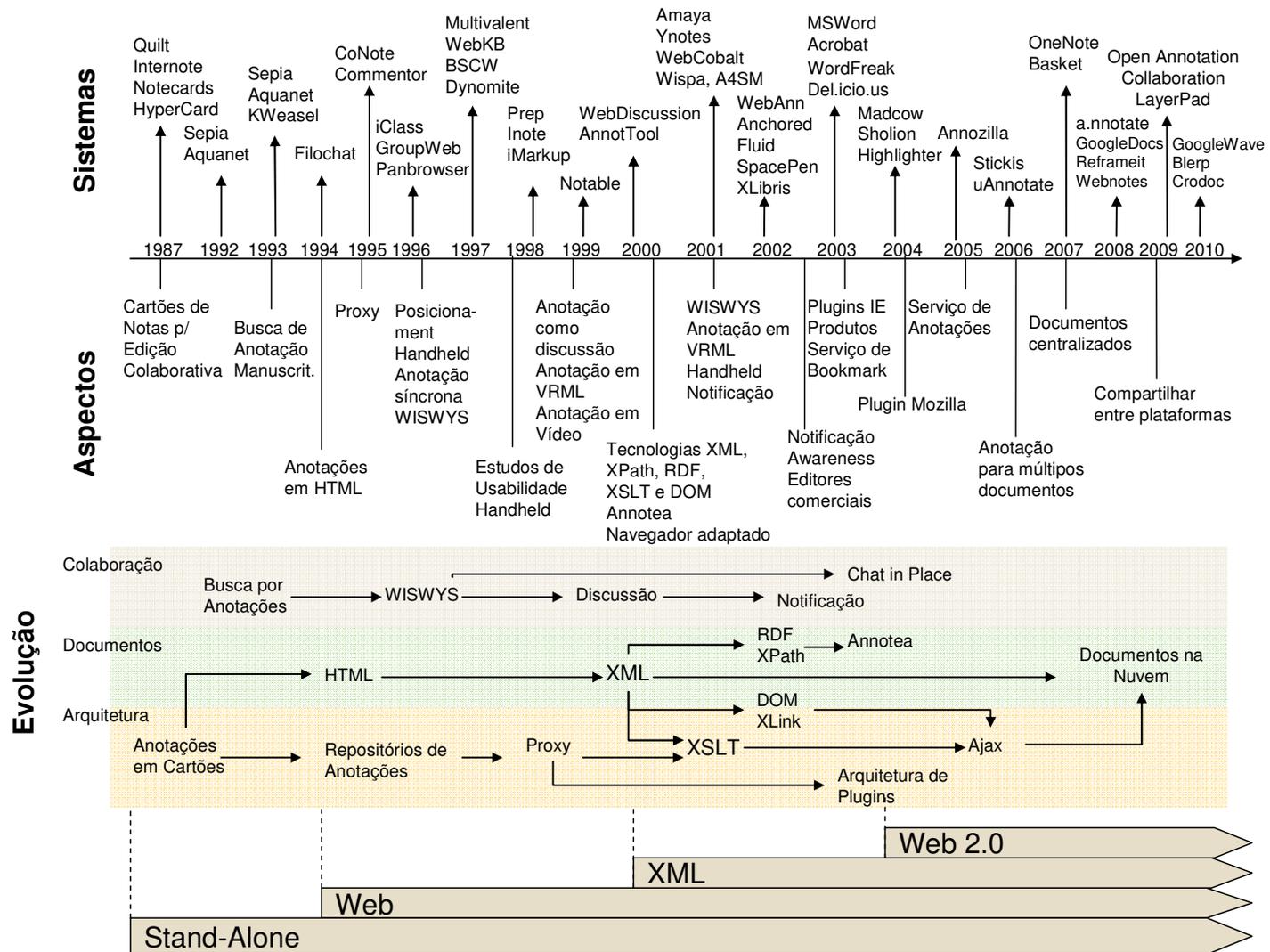


Figura 2.2 Linha do tempo de evolução dos sistemas de anotação digital

---

## 2.4 Cenários de Uso

Os cenários representam diferentes contextos de anotação. Descrevemos os cenários a partir de algumas categorias: relação das anotações com os documentos, papéis dos atores e as motivações para anotação. Como suporte factual, elencamos as evidências de uso na literatura e as respectivas ferramentas utilizadas em cada cenário. A exposição dos cenários segue uma ordem gradual de uso colaborativo. Os primeiros descrevem usos individuais e com motivos tácitos de anotação, enquanto os últimos descrevem usos colaborativos e com motivos explícitos.

### 2.4.1 Cenário de Leitura

De posse de um texto e com a permissão para intervir com uma caneta ou um instrumento digital, o leitor realiza anotações ou toma notas em um caderno. O leitor registra suas impressões, dúvidas e opiniões. O leitor também marca o texto com sublinhados, símbolos e riscos. O leitor não tem o propósito de compartilhar as anotações e notas feitas. Desta forma, muitas intervenções são idiossincráticas e com sentido tácito. Alguns leitores assíduos costumam desenvolver um catálogo pessoal de símbolos. As anotações não são feitas para os autores do texto e sim para os próprios leitores, portanto não há uma relação entre anotação e escrita do texto. Por consequência, é premissa não haver mais de uma versão do texto.

Evidências Ambientais: Mayer [1984] demonstra que a prática de realizar anotações implica em melhoria relevante para a leitura. Adler et al. [1998] relataram que 70% do tempo de leitura consiste em atividades de manipulação de documentos. Para estes leitores, 18% executavam atividades de escrita no próprio documento. Por outro lado, atividades de tomada de notas e anotações durante a leitura tomaram 48% do tempo. A leitura, acompanhada por autoria, tomada de notas e discussão foi observada por vários pesquisadores. Na citação “leitura - uma operação de caça”, Michel de Certeau afirma que o leitor, apesar das semelhanças, não se constitui um autor. Marshall [1997] ressalta que apesar do caráter tácito e muitas vezes idiossincrático das anotações, o leitor utiliza várias formas de anotar como auxílio à leitura. Em Schilit, Golovschinsky & Price [1998] é cunhado o termo "leitura ativa" para esta situação. Em Kaplan & Chisik [2005] foi avaliada a troca de anotações em um livro digital e os respectivos impactos nas práticas de leitura tanto individuais quanto em grupo. Em estudos recentes, Brahier [2006] avança a discussão para além dos efeitos cognitivos, focando nos efeitos sociais, tais como explicitar as impressões (antes tácitas) de leitura dos alunos. Esta informação serviria para aperfeiçoar o ensino de leitura.

Ferramentas: Protótipos como Alph em Kaplan & Chisik [2005] e ferramentas comerciais como HyLighter™ em Lebow & Lick [2005] e a RepliGo (www.cerience.com) foram utilizadas neste tipo de cenário. Editores de texto com suporte à anotação como MicrosoftWord® e AdobeAcrobat® também. Leitores de livros eletrônicos como AmazonKindle™ e iPad™

---

também contemplam recursos de anotação durante a leitura. Há também protótipos que se aproximam da maneira de anotar em papel como descrito por Bargeron & Moscovich [2003].

## 2.4.2 Cenário de Tomar Notas

Alunos escrevem comentários acerca de slides, vídeos ou áudios que são transmitidos em sala de aula por algum anteparo (quadro negro, projeção em tela, ou mesmo uma televisão). As notas feitas são para uso pessoal, apesar de ser prática comum os alunos tirarem cópias dos cadernos de colegas mais organizados e assíduos. Na fase escolar é comum os professores recolherem os cadernos dos alunos para avaliar a qualidade das notas tomadas. As anotações não influenciam a autoria dos conteúdos, apesar do autor ser o professor, que tem acesso aos comentários dos alunos. Também neste cenário a versão do conteúdo é única.

Evidências Ambientais: Pesquisas educacionais sobre tomar notas são bastante antigas, sendo já presentes no início do século passado (Crawford [1925]). Carter & van Matre [1975] discutiram o processo e o produto de tomar notas. Os autores demonstraram que não há diferença significativa na melhoria do entendimento do texto quando o aluno toma suas próprias notas ou quando tem acesso a notas de colegas. Nesta linha, Ladas [1980] recomenda que os professores forneçam pistas aos alunos de onde e quando tomar notas, com isto maximizando a quantidade e qualidade das notas tomadas. Kiewra et al. [1988] corroboram estes resultados demonstrando que a atividade de tomar notas se justifica mais pelo acesso às notas para revisão do que pelos processos cognitivos. Com isto, a psicologia educacional volta-se para a investigação do uso da memória, como em três configurações tratadas por Kiewra et al. [1991]: codificação (tomar notas e não revisar), codificação e armazenagem (tomar notas e revisar) e armazenagem externa (não tomar notas e revisar as notas de um colega). Armel & Shrock [1996] desenvolveram experimentos com tomada de notas em um ambiente computadorizado e encontraram evidências semelhantes aos estudos de Kiewra.

Ferramentas: Pesquisas neste cenário ainda atraem grande produção acadêmica e industrial. Há ferramentas para associação entre notas manuscritas e o áudio gravado em reuniões, como nos sistemas Filochat (Whittaker, Hyland & Wiley [1994]) e Dynamite (Wilcox, Schilit & Sawhney [1997]). Nesta mesma linha, o sistema AWS (Lauer & Busl [2006]) permite associar anotações em texto sobre slides e respectivo áudio. Nestes sistemas, as notas funcionam como anotações sobre a mídia de áudio e servem basicamente para buscar o trecho do áudio anotado. O sistema uAnnotate (Chatti et al. [2006]) e os ambientes iClass (Abowd et al. [1996]) e BSCW (Bentley et al. [1995]) dão suporte a tomada de notas e permitem criar anotações sobre conteúdos.

Sistemas Incompatíveis: Encontramos sistemas que não são compatíveis com o cenário, pois não permitem realização de anotações sobre um conteúdo (sejam slides, áudio ou vídeo associado). São exemplos os sistemas NotePals (Davis et al. [1999]), WandaML (Franke et al. [2004]), NoteTaker (Ward & Tasukawa [2003]), que lidam com questões de ergonomia e reconhecimento de caracteres. Sistemas de autoria colaborativa na Web como Wiki também não são compatíveis

---

com o cenário. Este é o caso dos ambientes educacionais como TeleEduc (<http://www.teleduc.org.br/>), WebCT ([www.blackboard.com](http://www.blackboard.com)), Moodle ([www.moddle.org](http://www.moddle.org)), ATutor (<http://www.atutor.ca/>) e OLAT (<http://www.olat.org>). O mesmo vale para ambientes de colaboração como o Curio ([www.zengobi.com/curio](http://www.zengobi.com/curio)) e o Google Notebook ([www.google.com/notebook](http://www.google.com/notebook)).

### 2.4.3 Cenário de Ontologias e Bibliotecas Digitais

Este cenário se caracteriza por dois momentos de uso. Primeiramente as pessoas anotam trechos de uma página com interpretações pessoais ou com rótulos de um catálogo especializado (também chamado de ontologia). Uma ontologia consiste em uma representação formal de conceitos de um domínio e as relações entre estes conceitos (Gruber [1993]). Num segundo momento, as pessoas navegam entre as páginas buscando informação que tenham recebido algum rótulo específico. Assim é possível, por exemplo, recuperar todas as páginas que tenham recebido anotações classificatórias do tipo “boas práticas”. Com base nas buscas e nas anotações feitas, um bibliotecário avalia o uso das anotações e sugere novos itens para aprimorar a ontologia. Com base na densidade de anotações em algumas páginas, o bibliotecário pode sugerir novos conteúdos. Desta forma, a biblioteca digital é continuamente aperfeiçoada e se mantém aderente a uma comunidade de leitores. O estilo de colaboração assemelha-se à Wikipédia, mas com a estrutura e a organização de uma biblioteca. Apesar da evolução do material anotado, não são mantidas versões diferentes com as respectivas anotações.

Evidências Ambientais: Smith, Blankinship & Lackner [2000] testaram anotações como instrumentos para reflexão e para interpretação, cujos resultados finais constituíssem novas ontologias. Para tanto, organizaram experimentos nos quais estudantes realizaram anotações na forma de rótulos sobre imagens. Desta forma, demonstraram a possibilidade de construção colaborativa de conhecimento explicitado como novas ontologias. Arko [2006] experimentou anotações em uma biblioteca digital para promover a colaboração entre os leitores por meio de troca de rótulos e de interpretações sobre os textos.

Ferramentas: em um primeiro momento, sistemas hipermídia com capacidade para troca de anotações foram utilizados neste cenário como o Knowledge Weasel em Lawton & Smith [1993]. Mais recentemente, vemos ferramentas de anotação semântica baseadas em navegadores Web como o Amaya por Kahan, Koivunen & Hommeaux [2001]. Usos específicos para bibliotecas digitais são exemplificados pelo sistema WebCobalt por Mitsuhara et al. [2002] e para bancos de imagens pelo sistema IBM EVA (Volkmer, Smith & Natsev [2005]). Protótipos têm sido propostos como por Fogli, Fresta & Mussio [2004], o M-OntoMat-Annotatizer por Bloehdorn et al. [2005] e o Vannotea por Schroeter & Hunter [2003].

---

## 2.4.4 Cenário de Discussão

O cenário começa com a distribuição de um texto em formato digital para debate. Os debatedores anotam sobre o texto e podem também solicitar as anotações de seus pares, sendo possível anotar sobre as anotações dos colegas. As anotações sobre anotações constituem um diálogo entre anotadores que pode originar novos assuntos. Neste caso o moderador pode decidir agregar um novo tópico ao texto. Mesmo com tais mudanças, a versão do texto é única, em outras palavras, não há diferentes versões de texto em debate. Assim, novas anotações podem ser realizadas sobre o novo tópico. O debate pode ter uma data de término ou ficar aberto até que o moderador decida concluí-lo. Ao final do debate, o moderador sintetiza a discussão utilizando para isto uma compilação de anotações e de texto.

Evidências Ambientais: Seminalmente, Davis & Huttenlocher [1995] experimentaram em turmas da Universidade de Cornell este cenário utilizando uma ferramenta própria chamada CoNote. Swan & Meskill [1998] relataram alunos anotando sobre anotações de colegas em um ambiente hipermídia para ensino de literatura. Em um curso baseado na Web, Nokelainen et al. [2005] relataram que os alunos reconheceram mudanças positivas nos próprios hábitos de estudo a partir do momento em que realizaram anotações sobre materiais disponibilizados. Lauer & Busl [2006] demonstraram o uso de anotações em voz para discutir materiais didáticos em texto. Um cenário semelhante pode ser encontrado em fóruns de discussão ([ifets.ieee.org/](http://ifets.ieee.org/)). A diferença está no fato de que o texto não recebe anotações diretamente, pois não tem a função de organizar a discussão, mas apenas de introduzir o tema. Segundo Hermann & Kienle [2002], a discussão por meio de anotações deve seguir a estrutura subjacente do texto.

Ferramentas: Exemplos com uso demonstrado neste cenário são na sua maioria protótipos como os sistemas CoNote (Davis & Huttenlocher [1995]), WebAnn (Brush [2002]), Vannotea (Schroeter & Hunter [2003]), Educosm (Miettinen et al. [2003]), SholionWB (Fürlinger, Auinger & Stary [2004]) e uAnnotate (Chatti et al. [2006]).

## 2.4.5 Cenário de Escrita

O cenário tem como objetivo a elaboração de um texto por vários autores. Para tanto, os autores partem de vários textos sugeridos e realizam anotações. As anotações servem para questionar, interpretar, ilustrar, sintetizar e acrescentar conteúdos ou referências. As anotações também servem para destacar trechos importantes. Em determinado momento os co-autores definem as linhas gerais do novo texto. O material para o novo texto virá da troca de anotações já realizadas e mesmo discussões via anotações sobre o texto final. Para tanto, as anotações são transformadas em texto, que poderá ser base para novas anotações. Neste ponto uma nova versão do documento é gerada e todos os participantes utilizam a mesma versão. Portanto, neste cenário ainda não há autoria colaborativa sobre versões diferentes de documento.

---

Evidências Ambientais: Em pesquisa sobre aprendizagem colaborativa, Jackson [1991] demonstra que não basta os alunos lerem textos e elaborarem resumos. É necessário que se envolvam em discussão e em intensa reorganização de argumentos. A partir de uma ferramenta própria chamada PREP, Neuwirth et al. [1990] estudaram a escrita colaborativa de textos por meio de anotações. Em outro estudo, Neuwirth et al. [1998] relataram que anotações in-line (aninhadas no texto) comparadas com anotações separadas do texto, geram mais atividades de revisão, de resolução de problemas e de discussão. Enfim, autoria por troca de anotações é vista como uma discussão contextualizada para transformação do texto.

Ferramentas: Editores de texto com suporte à revisão são as principais ferramentas adotadas neste cenário. Os primeiros exemplares foram os protótipos QUILT (Leland, Fish & Kraut [1988]) e PREP (Neuwirth et al. [1990]). Ferramentas comerciais como Microsoft Word foram testadas neste cenário por Cadiz, Gupta & Grudin [2000]. De modo complementar à atividade de revisão, Weng & Gennari [2004] propuseram uma ferramenta de anotação que suportasse versionamento e planejamento de escrita colaborativa de textos. Os sistemas GoogleDocs e GoogleWave possuem recursos para troca de arquivos e realização de anotação no próprio texto.

#### **2.4.6 Cenário de Revisão**

O cenário se baseia na troca de anotações entre revisores e uma equipe responsável por um material digital, que pode ser um texto ou mesmo um arquivo de código fonte. Cada revisor possui um objetivo. No caso do material ser um código fonte, os revisores inspecionarão regras de segurança, padrão de arquitetura ou complexidade dos algoritmos. Os revisores não necessariamente anotam sobre a mesma versão de material. As anotações da equipe são explicativas e corretivas, indicando que um problema foi detectado e será resolvido de determinada maneira. Portanto, as anotações levam a mudanças no material e, portanto na criação de novas versões. De modo a organizar a revisão, as anotações podem ser feitas em pontos pré-estabelecidos do documento. A troca de anotações pode envolver anotações sobre anotações. O revisor também pode solicitar que outro revisor faça anotações. Assim que os pontos estiverem esgotados, o revisor realizará suas últimas anotações que serão uma avaliação do material e das anotações da equipe. A revisão colaborativa não contempla correções ortográficas ou de estilo; tais atividades são mais adequadas ao cenário de escrita. Pode haver sessões paralelas de revisão sobre o mesmo documento e que, portanto, atuam em versões diferentes do documento. Tal característica é o maior fator de distinção em relação ao cenário de escrita.

Evidências Ambientais: O cenário descrito pode ser utilizado como suporte para avaliação formativa. Segundo Black & William [1998], uma avaliação pode ser considerada formativa se o resultado das atividades de aprendizado é utilizado para adaptar a abordagem de ensino. Cowie & Bell [1999] destacam que é fundamental o caráter bi-direcional da avaliação formativa. Crooks [2001] defende a necessidade de a avaliação envolver uma auto-reflexão do aprendiz. O uso de anotações digitais dos alunos como insumo para avaliação formativa é analisado e

recomendado por Brahier [2006], que realizou experimentos sobre ensino de leitura com ferramentas comerciais. Nokelainen et al. [2005] relataram o uso de uma ferramenta para abordagens semelhantes à avaliação formativa. A abordagem contemplou a análise dos logs de anotações e da troca de emails. Além disto, foi aplicado um questionário acerca das estratégias e das percepções pessoais de aprendizado (auto-reflexão), que demonstrou ganho em ambos os aspectos.

Ferramentas: Não encontramos um suporte específico para anotações neste cenário, mas há relatos de experimentos com ferramentas comerciais como Hylighter (Lebow & Lick [2005]), Educosm (Miettinen et al. [2003]) e RepliGO ([www.cerience.com](http://www.cerience.com)).

## 2.4.7 Análise dos Cenários

Analisamos os cenários por meio de três classificações. Primeiro, classificamos por atividades típicas reconhecidas nos próprios cenários. Segundo posicionamos os cenários em espectros de colaboração. Por último, classificamos cada cenário quanto à interdependência de documentos e de anotações. As atividades típicas reconhecidas nos cenários foram as seguintes:

- Analisar: criticar um trecho de um documento identificando suas partes;
- Sintetizar: resumir um trecho de um documento identificando um aspecto central;
- Memorizar: re-escrever um trecho com as próprias palavras para facilitar a memorização;
- Copiar: transcrever dados de uma mídia para outra, por exemplo, de um quadro branco para um caderno;
- Classificar: atribuir rótulos (classes) a um trecho de texto;
- Questionar: escrever perguntas sobre trechos de um documento;
- Marcar: destacar partes de um documento para leitura ou busca a posteriori.

A Tabela 2.1 identifica as atividades envolvidas em cada cenário. O resultado não foi elucidativo, pois vemos que não é possível discriminar os cenários a partir destas atividades típicas. Refletindo sobre este resultado, sugerimos que mesmo que tal segregação fosse possível, não seria desejável, pois levaria à concepção de cenários pouco realistas e empobrecidos (ex. cenários possuindo apenas atividades de questionamento).

**Tabela 2.1 Tipos de atividade por cenário**

Atividades	Leitura	Tomar Notas	Ontologias	Discussão	Escrita	Revisão
<b>Analisar</b>	X			X		X
<b>Sintetizar</b>	X	X		X	X	
<b>Memorizar</b>		X				
<b>Copiar</b>		X			X	
<b>Classificar</b>			X			X
<b>Questionar</b>	X			X		X
<b>Marcar</b>	X			X		X

Passando aos espectros de colaboração, temos três gradações: de uso individual para uso colaborativo, de motivos tácitos para explícitos e de versão de documento única para múltiplas versões. O primeiro espectro indica em um extremo o uso puramente individual sem intenção de troca para um objetivo comum. No outro extremo, indica usos colaborativos, portanto, que requerem papéis, coordenação e meios de troca. O segundo espectro, de motivos, indica em um extremo as justificativas com significados tácitos (e muitas vezes idiossincráticos) para as anotações. Como vemos pela Tabela 2.2, este extremo está em linha com os usos individuais. Já o extremo de motivos explícitos reflete a necessidade de comunicar eficazmente, portanto a padronização dos motivos. Este extremo está em linha com o extremo de colaboração, que faz sentido, pois necessidades de colaboração implicam necessidades de comunicação. O espectro de versões de documento indica em um extremo o desenvolvimento de uma única versão por vez. Em outras palavras, não há concorrência de edição de documento. No outro extremo, é inerente lidar com versões concorrentes em edição. O cenário de escrita colaborativa poderia ser localizado no extremo de múltiplas versões, entretanto, o levantamento feito na literatura e os suportes tecnológicos disponíveis contemplam uma versão única e consolidada para todos os colaboradores. No cenário de escrita colaborativa não há procedimentos para lidar com os conflitos decorrentes da concorrência entre versões.

A partir desta visão analítica, vemos algumas correlações entre os cenários. Nos cenários de leitura e de tomada de notas, a anotação é um produto, vestígio de atividades mais abstratas. O foco nestes cenários é a representação dos processos cognitivos de interesse para o aprendizado. Por outro lado, nos cenários colaborativos (discussão, escrita e revisão), a ênfase está na anotação como meio de comunicação. Portanto, dos primeiros cenários descritos para os últimos, há um deslocamento de interesse no produto (anotação-conteúdo) para interesse no processo (anotação-comunicação). O cenário de ontologias está em um ponto de transição.

**Tabela 2.2 Espectros de colaboração, motivos e versões de documento**

	<b>Cenário</b>	<b>Uso Individual ou Colaborativo?</b>	<b>Motivos Tácitos ou Explícitos?</b>	<b>Versões de Documentos?</b>
1	<b>Leitura</b>	Individual	Tácitos	Única
2	<b>Tomar Notas</b>	Individual	Tácitos	Única
3	<b>Ontologias</b>	Individual	Explícitos	Única
4	<b>Discussão</b>	Colaborativo	Explícitos	Única
5	<b>Escrita</b>	Colaborativo	Explícitos	Única
6	<b>Revisão</b>	Colaborativo	Explícitos	Múltiplas

A última análise dos cenários é o impacto das anotações nos documentos e vice-versa. Esta análise é fundamental, pois retoma parte da definição de anotação digital - autonomia entre anotações e documentos. A Tabela 2.3 ilustra duas situações extremas. A primeira situação

(linhas 1, 2 e 3) sugere que mesmo com o aumento de anotações não há qualquer impacto no documento existente. A segunda situação (linhas 4 e 5) sugere que o aumento de conteúdo no documento não implica necessariamente em impacto nas anotações existentes. No caso do cenário de revisão as duas situações se apresentam, pois novos trechos de documento precisam ser revisados por anotações. Ao mesmo tempo, novas revisões (anotações) devem ser refletidas em mudanças no documento. A situação de uso buscada é aquela que suporte os dois impactos. Escolhemos, portanto, o cenário de revisão e partimos da premissa de que, ao suportarmos a situação mais complexa, estaremos automaticamente contemplando as situações mais simples. Em outras palavras, por reducionismo, a partir do cenário de revisão podemos chegar aos demais.

**Tabela 2.3 Relação entre anotações e documento**

	<b>Cenário</b>	<b>Anotações impactam Documento?</b>	<b>Documento impacta Anotações?</b>
<b>1</b>	<b>Leitura</b>	Não	Sim
<b>2</b>	<b>Tomar Notas</b>	Não	Sim
<b>3</b>	<b>Ontologias</b>	Não	Sim
<b>4</b>	<b>Discussão</b>	Sim	Não
<b>5</b>	<b>Escrita</b>	Sim	Não
<b>6</b>	<b>Revisão</b>	Sim	Sim

## 2.5 Conclusão do Capítulo

Este capítulo permitiu recortarmos o problema de pesquisa em dois aspectos: quanto ao suporte tecnológico e quanto ao uso. O conceito de anotação digital estabelecido elimina os mecanismos de anotação automática e aqueles em que não é necessário um documento-base para anotação. Complementarmente, o levantamento histórico demonstra que a tecnologia de anotação digital desenvolvida tratou de questões acidentais (ondas tecnológicas) e sem soluções para reuso. Portanto, está fora do espaço de pesquisa os requisitos justificados por ondas tecnológicas e os suportes inconsistentes com o conceito de anotação estabelecido. Quanto às restrições de uso, os cenários descritos, apesar de tratarem a anotação de maneira própria e diferenciada, ilustram um padrão incremental na direção de anotar para comunicar e para colaborar. Portanto, devemos buscar requisitos que suportem a troca de informação por meio de anotações. Além disto, vemos que a relação entre anotação e documento é específica por cenário. Entretanto, há um cenário (de revisão) em que comporta toda complexidade de relações e, portanto, será adotado como base para definição de requisitos. Enfim, desenhamos de maneira lógica e embasada um espaço objetivo e especializado para sistemas de anotação digital. É dentro deste espaço que buscaremos os requisitos no próximo capítulo.

---

## 3 Requisitos

### 3.1 Introdução

Definidos os cenários, passamos à extração dos requisitos. A preocupação é encontrar restrições que evitem o antipadrão “*gold-plating*” (Brown, McCormick & Thomas [2000]) ou também chamado de “design por comitê”. Nestes antipadrões acontece a inclusão de funcionalidades que não são necessárias à operacionalização do cenário de uso. Para tanto, buscamos teorias que suportassem uma síntese dos cenários em requisitos. Encontramos e aplicamos a teoria de metáforas conceituais.

O uso de metáforas de maneira metódica na ciência é uma forma de adaptar a linguagem à realidade, não o contrário. Nas palavras de Boyd [1993], a metáfora é um dos vários instrumentos científicos disponíveis para acomodar a linguagem à estrutura causal do mundo. O aprimoramento da linguagem permite capturar conceitos mais complexos como observado por Pinker [2004] (páginas 259 e 261), a metáfora, ao invés de ser usada para projetar imagens agradáveis do mundo, permite capturar leis genuínas. As metáforas conceituais podem ser utilizadas para enquadrar (“to frame”) uma situação, no mesmo sentido que diferentes palavras descrevem um mesmo objeto e diferentes teorias científicas explicam um mesmo conjunto de dados. Assumimos que, como em outras generalizações, as metáforas podem ser testadas quanto as suas previsões e as suas premissas, bem como acerca da capacidade de capturar uma estrutura da realidade. Este é o passo que daremos neste capítulo - aplicar a teoria de metáforas conceituais para analisar os cenários de uso e sintetizar requisitos sistêmicos tanto funcionais quanto não-funcionais. Entretanto, precisamos antes introduzir a teoria de metáforas conceituais.

### 3.2 Teoria das Metáforas Conceituais

Tradicionalmente o conceito de metáfora esteve ligado à poesia, à retórica e à linguagem. Entretanto, a partir do trabalho de Lakoff & Johnson [1980] o conceito de metáfora passa a extrapolar o tratamento como figura de linguagem e passa a ser associada ao sistema cognitivo humano.

Segundo estes autores, as metáforas permitiriam que nosso sistema cognitivo experimentasse uma coisa em termos de outra coisa diferente. Este passo viabilizaria a expansão dos significados das palavras além do literal, permitindo expressar o pensamento abstrato em termos simbólicos. Nesta linha, as metáforas atuam na estruturação dos sistemas conceituais

---

de maneira hierárquica. Como compreendido por Lima [1999] em uma pesquisa empírica, metáforas conceituais permitiriam ao ser humano capturar domínios mais complexos, abstratos e pouco estruturados, que não são acessíveis à experiência direta dos sentidos. A partir de associações de metáforas conceituais, o homem compreenderia o mundo e a forma de agir no mundo.

Adicionalmente, à medida que se faz uso das metáforas, estas se tornam tácitas, pois são incorporadas à linguagem, tal como a expressão: "ela contra-atacou todos os meus argumentos". "Contra-atacar" que originalmente é uma ação associada a predicados de luta, passou com o tempo a ser utilizada para falar de uma argumentação. A metáfora conceitual subjacente é que "argumentar é lutar". Portanto, algo que deveria ser feito conscientemente, logo, com alto custo cognitivo, passa a ser feito automaticamente por uma linguagem, agora enriquecida.

Segundo Lakoff, grande parte das metáforas está associada à percepção física que o ser humano tem do mundo, como são os casos da orientação espacial e do corpo como um recipiente com interior e exterior. A partir das experiências físicas, a nossa mente projetaria características semelhantes a outros objetos do mundo – uma espécie de antropomorfização.

Em termos sistemáticos, as metáforas funcionam como resultado da projeção de um domínio-origem sobre um domínio-destino. Nesta projeção algumas características do domínio-origem sobrepõem características do domínio-destino. A sobreposição pode implicar alteração, eliminação ou complementação de características. Entretanto, como destacado por Grady & Johnson [1997], os domínios origem e destino se relacionam não pela troca de características, mas pela ocorrência simultânea das experiências associadas a cada domínio. Como no exemplo dado por Lima [1999] para a metáfora "Desejar é Ter Fome" (itálicos nossos abaixo).

"Essa experiência – ter fome – é entendida de alguma forma e uma delas diz respeito ao *desejo* por comida que é experimentado sempre que se tem *fome*. Logo, o mapeamento entre *desejo* e *fome* nasce de cenas recorrentes nas quais são experimentados a sensação física de fome e o desejo simultâneo de comida que vai satisfazê-la. Ou seja, experimentar a sensação física da fome implica experimentar também o desejo de comer." Lima [1999], página 46.

Esta última característica demonstra que as metáforas conceituais não são somente resultados de livre produção de linguagem, mas possuem restrições relativas à percepção que o ser humano tem da interação entre os domínios. Do ponto de vista de engenharia, as restrições são elementos de primeira classe para criação de modelos, pois limitam o espaço de desenho e os recursos de construção. Em outras palavras, ao trabalhar com um conceito (ex. anotação digital) para elaborar uma solução sistêmica, há restrições inerentes ao conceito que podem ser utilizadas para identificar requisitos. Esta é uma etapa anterior à busca por restrições externas tais como outros sistemas e limitações da tecnologia.

---

Adicionalmente, as metáforas podem ser decompostas em metáforas primárias (Grady & Johnson [1997]), cujos significados são mais genéricos. Tal decomposição explicaria por que no mapeamento entre domínios origem e destino, alguns elementos não são transportados. Vejamos o exemplo da metáfora “teorias são edifícios”, que é suportada pela seguinte expressão: “As fundações da teoria das cordas poderão ser abaladas por experimentos do novo LHC-Large Hadron Collider”. Por outro lado, a seguinte expressão não tem sentido, apesar de fazer parte de um mapeamento total de elementos de *edifício* para *teoria*: “Estamos examinando as paredes da sua teoria”. A explicação está em que o mapeamento acontece em um nível mais básico e, portanto, utilizando metáforas mais simples como: “Coisas que persistem se mantêm eretas” ou “Uma organização é uma estrutura física”. Portanto, quando dizemos que projetamos elementos de um edifício para uma teoria, estamos conscritos aos elementos que sejam coerentes às metáforas citadas. A decomposição de metáforas permite então prever quais projeções de elementos são possíveis, por serem coerentes com metáforas subjacentes mais básicas. Além disto, a agregação de metáforas por mapeamentos sucessivos permite compor cenários de conceitos mais complexos sem perda de coerência.

Tal conformação em uma estrutura hierárquica já havia sido sugerida por Lakoff e Johnson [1980]. Em artigo posterior, Lakoff [1993] demonstra como várias metáforas da língua inglesa podem ser reduzidas a categorias mais simples e genéricas. Tais categorias são chamadas de “metáforas de estrutura de eventos” e são o nível mais básico a partir do qual camadas sucessivas de mapeamentos seriam feitas para obter conceituações mais complexas. Demonstramos a estrutura hierárquica analisando a metáfora “o amor é uma jornada”.

O amor é uma jornada: Dois amantes são companheiros de viagem em um mesmo veículo (o relacionamento), que, portanto, almejam chegar a um mesmo destino e juntos enfrentar as dificuldades do caminho.

Entretanto, o amor, bem como uma carreira, herda a metáfora conceitual de que uma vida com propósitos é uma jornada. Vejamos.

Uma vida com propósitos é uma jornada:

Espera-se que a vida tenha objetivos. Objetivos são destinos em uma viagem. Ações tomadas na nossa vida são movimentos auto-impulsionados na direção de objetivos. Ações com propósitos são eventos auto-impulsionados com destinos. O conjunto das ações que tomamos forma um caminho por onde nos movemos. Escolher meios para atingir os objetivos de vida é como escolher dentre diferentes caminhos para atingir um destino. Há momentos de decisão na vida em que nos sentimos numa encruzilhada ou num beco sem saída. Dificuldades na vida são impedimentos para nosso movimento em direção aos nossos objetivos. Eventos externos são grandes objetos em movimento que podem impedir nossa movimentação. O progresso de nossa vida é projetado como um cronograma cujos eventos vêm em nossa direção.

Exemplos de expressões que suportam esta metáfora: “Ela está onde deseja estar na vida”; “Ele passou por muita coisa na vida”; “Estou perdido na minha vida, não sei para onde ir”.

---

Ilustrando esta cadeia de mapeamentos, oferecemos a Figura 3.1, na qual partimos de conceitos mais complexos (e específicos) para mais simples (e genéricos).

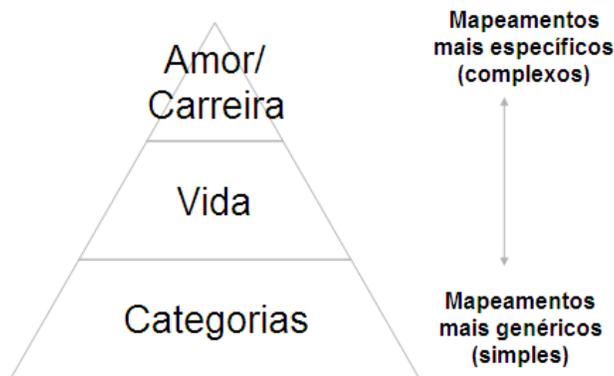


Figura 3.1 Hierarquia de mapeamento para metáfora “O Amor é uma Jornada”

### 3.3 Aplicação das Categorias aos Cenários de Uso

A metáfora apresentada para vida é baseada em categorias básicas, que foram identificadas e catalogadas por Lakoff. A seguir está a lista de categorias utilizadas:

- Cat1. Estados são lugares
- Cat2. Objetivos são destinos
- Cat3. Meios são caminhos
- Cat4. Ações são transferências
- Cat5. Eventos externos são grandes objetos em movimento
- Cat6. Mudança de estado é movimento
- Cat7. Cronogramas são eventos que se aproximam - tempo é espaço
- Cat8. Observador se aproxima de evento - espaço é tempo
- Cat9. Iniciar uma ação é iniciar um percurso.

A seguir retomamos cada cenário de uso e aplicamos as categorias de metáforas conceituais. A Figura 3.2 a seguir ilustra as categorias utilizadas em cada projeção anotação como metáfora dos cenários selecionados.

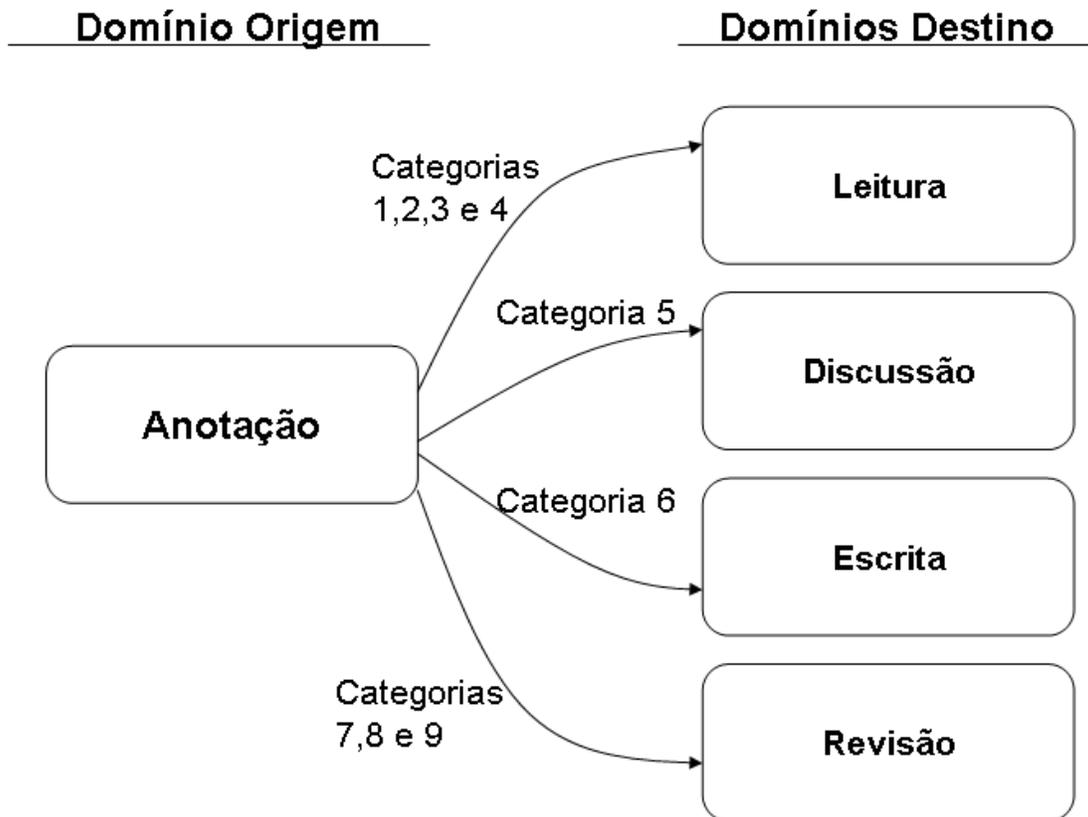


Figura 3.2 Resumo das projeções da metáfora anotação para os cenários selecionados

Deste experimento derivamos requisitos funcionais e não-funcionais (métricas). Organizamos a derivação em um padrão descritivo composto de evidências da projeção, da categoria acionada e das implicações.

### 3.3.1 Cenário de Leitura

Leitura é um estágio pré-colaborativo, mas que utilizaremos para introduzir o primeiro nível de projeção da metáfora de anotação sobre uma forma de agir, a leitura.

Domínio Origem	Domínio Destino
Anotação	Leitura

Evidências da Projeção: “Terminei de ler o documento e deixei nas bordas algumas anotações”; “Anotei sobre trechos que retratam questões de validação”; “Deixei minhas discordâncias anotadas onde havia citações do segundo autor”; “Já dei uma criticada na sua proposta”.

Categoria: meios são caminhos (Cat.3).

---

Implicações: anotar é percorrer um terreno desconhecido e deixar marcas (anotações) que são impressões, vestígios da leitura, como se fossem pegadas. Isto é observado em de Certeau [1998]. Escolher formas de anotar para deixar uma informação é como escolher dentre diferentes caminhos para atingir um destino.

Atributos: dados de autoria e separação clara entre documento e anotação.

Categoria: ações são transferências (Cat.4) e objetivos são destinos (Cat.2).

Implicações: ao anotar, a pessoa dá algo a outro leitor do texto, que pode ser uma crítica, uma idéia ou uma sugestão. Em outras palavras, o anotador dá o motivo que o levou a anotar. Anotar com vistas a uma audiência requer seguir algum padrão, pois evita idiossincrasias (como em Marshall [1997]).

Atributos: formas de anotação podem ser motivos padronizados e tipos de mídia de anotações (gráfico, texto, voz).

Categoria: estados são lugares (Cat.1).

Implicações: situações tais como “há pontos de inconsistência anotados sem resolução” ou “anotações discutindo estes pontos já foram realizadas” refletem o estado de uma atividade de revisão, que mapeia diretamente para o lugar em que estamos do processo de revisão. Vemos que o estado de anotação se realiza na forma de um lugar tanto no processo quanto no documento.

Atributos: posição da anotação (lugar no texto).

Métricas Anotação x Autoria: as anotações feitas são permanentes e não afetam o documento. A autoria do documento é independente da leitura e das respectivas anotações. Como o processo de autoria é invisível aos anotadores leitores, as anotações não são associadas a versões do documento. Desta forma, métricas úteis são relacionadas à densidade de anotações. Por exemplo, anotações por pessoa, por intenção, por documento ou por trecho de documento.

### 3.3.2 Cenário de Discussão

Domínio Origem	Domínio Destino
Anotação	Discussão/Argumentação

Evidências da Projeção: “Seus argumentos se chocam com o conteúdo dos parágrafos anteriores”; “... sua opinião vem de encontro às minhas observações da página seguinte”.

Categoria: eventos externos são grandes objetos em movimento (Cat.5).

Implicações: anotações realizadas no formato de uma argumentação com o autor do texto e entre anotadores caracterizam-se como objetos em movimento. Estas anotações são eventos que se movem como objetos em relação umas às outras ou em relação ao próprio texto. O referencial em relação ao qual a anotação se move metaforicamente é o contexto da anotação. Com este entendimento, o contexto não é somente a posição onde a anotação está ancorada, mas também

---

tudo ao que ela se refere explicita ou tacitamente. A anotação como um objeto que se move requer que anotação e texto tenham existência autônoma, não obstante interdependente. Em outras palavras, a anotação como discussão introduz a necessidade da anotação ter um ciclo de vida próprio.

Atributos: anotação sobre anotação, contexto e separação entre anotação e documento.

Métricas Anotação x Autoria: este cenário é semelhante ao de leitura, pois o texto não é modificado e o processo de autoria é opaco ao leitor, pois não contando com a sua participação. As anotações sobre anotações permitem medir o impacto de uma anotação ou de um anotador (popularidade). Para tanto, bastaria calcular o total ou a média de anotações comentadas de um mesmo anotador.

### 3.3.3 Cenário de Escrita

Durante a escrita, o documento sofre transformações devido à conversão de anotações em texto.

Domínio Origem	Domínio Destino
Anotação	Escrita

Evidências da Projeção: “Complementei suas anotações com referências”; “Estas anotações já podem ir para o documento final”.

Categoria: mudanças de estados são movimentos (Cat.6).

Implicações: anotar com vistas a editar requer coordenação explícita entre os anotadores. Tal coordenação pode ser obtida por um controle de versão e por um workflow com papéis definidos (editor e anotador).

Atributos: conversão entre anotação e texto-base, papéis e coordenação de atividades.

Métricas Anotação x Autoria: como as anotações são transformadas em texto ou descartadas, não há uma preservação de todas elas. Ao anotar afetamos o documento e as mudanças no documento são associadas às anotações. O processo de edição é transparente e, portanto, as anotações podem ser associadas a versões do documento. Desta forma, uma métrica desejável seria medir o número de mudanças decorrentes de anotações, pois indicaria a intensidade da escrita colaborativa por meio de anotações.

### 3.3.4 Cenário de Revisão

Atividades de revisão constituem discussões sobre a autoria com etapas, papéis e contextos.

Domínio Origem	Domínio Destino
Anotação	Revisão

---

Evidências da Projeção: “A revisão está caminhando bem”, “Declarações de métodos sofreram anotações no decorrer da revisão”.

Categoria: iniciar uma ação é iniciar um percurso (Cat.9); cronogramas são eventos que se aproximam - tempo é espaço (Cat.7); observador se aproxima de evento - espaço é tempo (Cat.8.)

Implicações: anotação como revisão implica em ações que se tornam movimentos e que precisam ser rastreados. Anotar com vistas a revisar requer tipos de anotação (tipos de revisão) e um mapeamento entre anotações, versão de documento e os contextos de revisão. O aspecto dinâmico da revisão como explicitado pelas categorias, impõe a necessidade de um modelo que contemple a autonomia entre os ciclos de vida das anotações e dos respectivos documentos.

Atributos: rastreabilidade entre contextos de revisão e anotação e versões de documento.

Métricas Anotação x Autoria: o cenário de avaliação/revisão possui características semelhantes à autoria colaborativa, com o acréscimo de que as anotações devem ser preservadas devido à necessidade de rastreabilidade das revisões. Mesmo que uma anotação seja transformada em texto, é necessário saber as razões da mudança. Portanto, uma métrica útil deveria capturar as discussões feitas que implicassem uma mudança. Tal métrica seria calculada a partir do número de anotações em pontos do documento que sofreram mudanças. Esta métrica indica a estabilidade de determinados trechos de um documento.

### 3.4 Conclusão do Capítulo

A aplicação das categorias de metáforas conceituais permitiu analisar cada cenário e extrair requisitos funcionais e métricas de avaliação. Durante tal extração, manipulamos alguns conceitos que precisamos definir objetivamente, pois serão necessários na concepção dos modelos do próximo capítulo. Seguem as definições:

Autor: pessoa que edita uma anotação ou um documento;

Papel: perfil com atividades associadas a um autor;

Posição: ponto do documento ao qual a anotação se refere;

Data/hora: rótulo temporal de geração ou modificação da anotação;

Mídia: meio em que foi gerado o conteúdo (som, vídeo, texto);

Motivo: razão ou intenção para anotação (dúvida, interpretação ou referência);

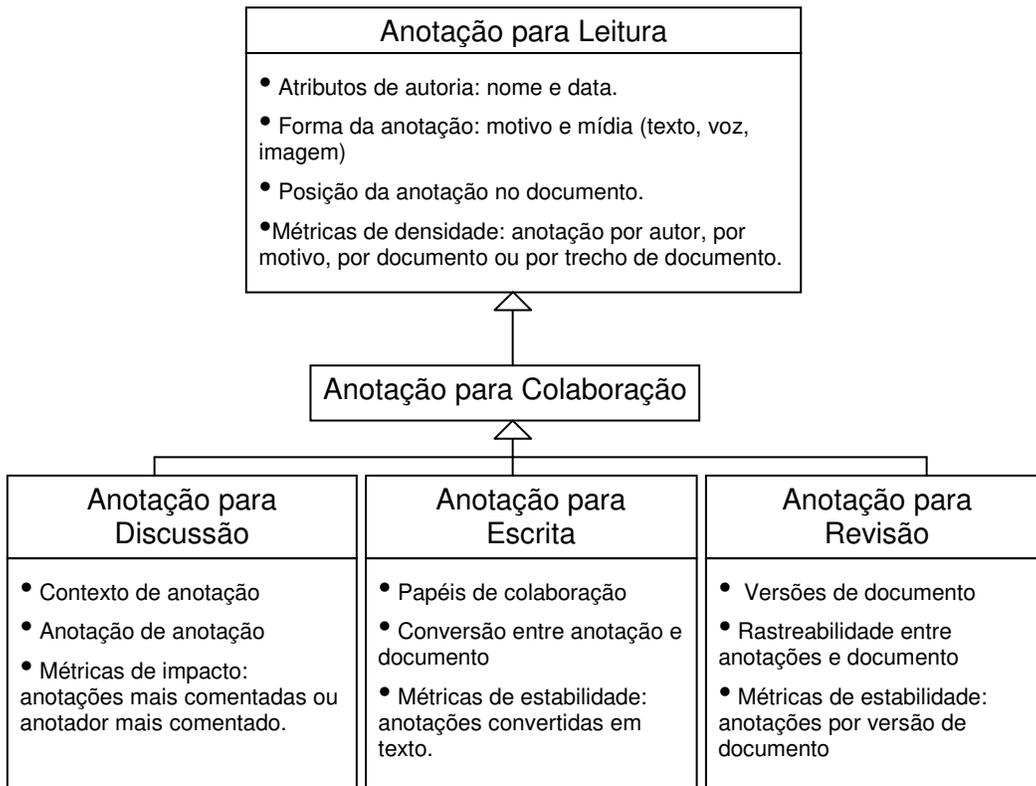
Contexto: sessão temporal com um objetivo comum para um grupo de colaboradores.

A seguir também elencamos os requisitos funcionais extraídos:

- Anotar sobre anotação;
- Separar visualmente anotação e documento;
- Manter as posições das anotações mesmo em caso de modificação do documento;
- Manter anotações independentes do documento;
- Contextualizar anotação;

- Converter anotação em conteúdo do documento;
- Controlar versão do documento com respectivas anotações;
- Manter rastreabilidade entre contextos de revisão e anotação e versões de documento.

Além deste resultado analítico, verificamos que os requisitos do cenário de leitura são herdados pelos outros cenários. A (Figura 3.3) ilustra tal conclusão em um diagrama de classe.



**Figura 3.3** Resumo das características extraídas

Os resultados até aqui estão em um nível de requisitos de negócio, pois são declarações de necessidades. Ainda não obtivemos uma descrição dos processos e dos produtos do sistema desejado. Tal nível de detalhamento será feito no próximo capítulo, em que utilizaremos ferramentas de análise e design para conceber um modelo conceitual. Por enquanto, este capítulo cumpriu o objetivo de transformar as histórias dos cenários em necessidades objetivas e discretas. O fato de obtermos métricas e definições de conceitos é uma evidência disto.

---

## 4 Modelo Conceitual

### 4.1 Introdução

A partir dos requisitos extraídos elaboramos um modelo estático e um modelo dinâmico. O modelo estático comporta as entidades e seus relacionamentos. O modelo dinâmico contempla os processos, algoritmos e aspectos transversais necessários para realização dos requisitos. Ao final do capítulo analisamos as consequências e previsões dos modelos propostos.

### 4.2 Aspectos Estáticos do Modelo

Iniciamos pelo relacionamento entre documento e anotações, para o qual temos duas questões conceituais. Primeira, como representar e posicionar anotações em um documento? Segunda, como adequar formas de acesso e de visualização das anotações de acordo com o tipo de atividade? A resposta conceitual consiste em separar problemas de acesso e visualização de problemas de posicionamento. Tal decisão nos leva a buscar dois conceitos diferentes. A relação entre anotação e objeto anotado é atendida pelo conceito de “posição” definido na seção 3.4. O acesso e a visualização são atendidos pelo conceito de “lugar-de-anotação” definido a seguir.

Lugar-de-anotação: área no documento onde várias anotações são feitas e, eventualmente, referenciam umas às outras. Utilizaremos resumidamente a palavra “lugar” com o mesmo sentido.

Estudamos quatro alternativas de associação entre documentos e anotações. A seguir descreveremos o design rationale discutindo cada alternativa. A alternativa mais simples é associar diretamente documentos e anotações (Figura 4.1). Esta alternativa não resolve o problema de variar formas de acesso e de visualização, tampouco o problema de posicionamento.

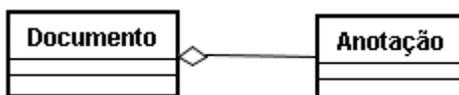
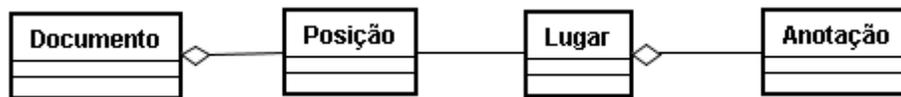


Figura 4.1 Primeira alternativa: documento agrega anotações

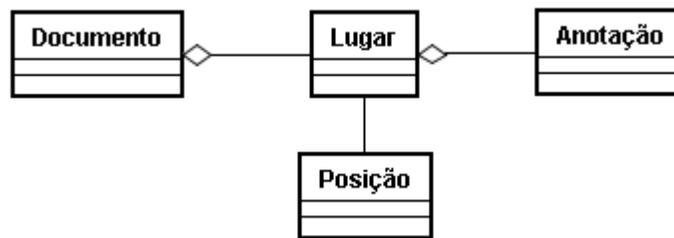
A segunda alternativa (Figura 4.2) já contempla o conceito de posição e de lugar-de-anotação. Como vemos no diagrama, o lugar-de-anotação agrega anotações, portanto fornece meios de

acesso específico às anotações. Tais meios poderão ser variados de acordo com o cenário de uso, como veremos mais adiante os tipos de lugares. Entretanto, esta alternativa associa documento diretamente com posições. Assim, não permite mais de um lugar por posição e também não permite que um lugar esteja associado a mais de uma posição. Outro problema é que a posição como atributo do documento poderá impor um endereçamento dependente das capacidades de cada tecnologia de documento. Por exemplo, documentos com numeração de linhas versus documentos com tags. Finalmente, esta alternativa inviabiliza que um lugar-de-anotação seja associado a mais de um documento. Este é o caso explorado por Brust & Rothkugel [2007]. Por estas razões, descartamos a segunda alternativa.



**Figura 4.2 Segunda alternativa: separação entre posicionamento e visualização**

A terceira alternativa (Figura 4.3) associa um documento a lugares passíveis de anotação. A decisão de posicionamento está associada ao lugar. Apesar de a posição ser referente a um ou mais documentos, tal relação não é fixa no modelo. Assim, esta alternativa não cria um acoplamento conceitual forte entre anotações, posição e documento. Isto permite que tenhamos diferentes algoritmos de posicionamento e localização de anotações. Ao mesmo tempo, como na segunda alternativa, o lugar-de-anotação agrega anotações, portanto fornece meios de acesso específico a anotações, que podem variar de acordo com o cenário de uso. A associação da posição ao lugar-de-anotação permite que o lugar continue existindo com suas anotações, mesmo que a posição seja alterada.



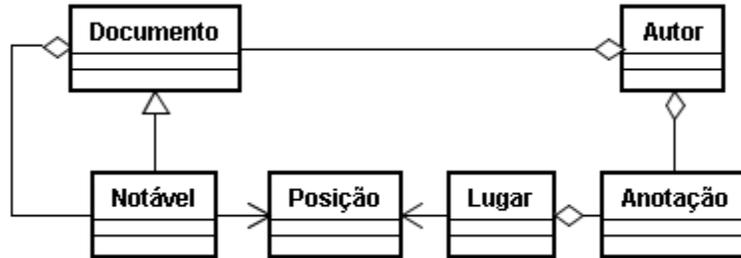
**Figura 4.3 Terceira alternativa: delegação do posicionamento para o lugar**

Considerando a dependência em relação à tecnologia de documentos, ainda temos o problema de posicionar o lugar-de-anotação no documento. Não podemos utilizar o número da linha, pois é frágil a mudanças e a formatos de arquivos sem quebras de linhas. Também não podemos usar o conteúdo do texto como um indexador, pois o conteúdo está em constante modificação.

A solução para estas premissas é posicionar o lugar-de-anotação utilizando um conceito que pode ser instanciado de acordo com a tecnologia de documento. Lugares-de-anotação são posicionados sempre sobre um elemento anotável do documento (chamaremos de notável). Desta forma, toda anotação estará sempre associada a um lugar-de-anotação, que cobre um

perímetro ao redor de um notável. A Figura 4.4 ilustra esta associação. Outro benefício do conceito de notável é permitir que novos lugares-de-anotação sejam disponibilizados à medida que o documento evolui, pois novos notáveis serão criados.

Identificamos o conceito de autor nos cenários de autoria e revisão. O autor edita tanto anotações quanto documentos. Portanto, incluímos o conceito de autor no modelo e o relacionamos com ambos os produtos de autoria (documento e anotação).



**Figura 4.4 Quarta alternativa: notável e autor**

O cálculo das métricas neste modelo seria suportado da seguinte forma:

- Métricas de Densidade: anotações por lugar e lugares sem anotação;
- Métricas de Impacto: anotações por autor e anotações por anotações.
- Métricas de Maturidade: lugares convertidos em documento;
- Métricas de Estabilidade: anotações por versão de documento.

Tendo estabelecido o relacionamento qualitativo e quantitativo entre documentos, anotações e autores, passaremos ao modelo do lugar-de-anotação e aos seus tipos.

O conceito de lugar-de-anotação foi inspirado nas narrativas de lugar descritas em de Certeau [1998]. Este antropólogo estudou como as pessoas descrevem lugares e identificou as seguintes rupturas de paradigma: lugar versus espaço, mapa versus caminho e fronteira versus ponte. Estas rupturas obedecem a um padrão de pessoal para impessoal, de parcial para imparcial, de transitório para permanente e de estático para dinâmico. Por sua vez, estes padrões refletem diferentes usos da metáfora de “narrativa de lugar”. A palavra metáfora (do grego *metaphorai*) significa “meio de transporte público”. Segundo de Certeau, a metáfora narrativa de lugar transporta os interlocutores aos lugares descritos. Deduzindo a mesma relação para a anotação digital, teríamos a anotação como uma metáfora que transportaria o leitor pelas partes de um documento esbarrando em vestígios de discussões, idéias e opiniões.

Continuando com de Certeau, o lugar é uma organização referencial, estática e permanente de objetos. O espaço é descrito por vetores de direção, velocidade e tempo. Por exemplo, o “lugar da cidade” é composto pelas ruas, pelos parques e prédios. Enquanto o “espaço da cidade” abarca a circulação das pessoas e a somatória das impressões individuais. Similarmente, o “lugar do texto” corresponde ao design de parágrafos e figuras. O “espaço do texto” é a interação com o texto e com os colaboradores por meio da troca de anotações. Um paralelo semelhante foi feito por Harrison & Dourish [1996], que investigaram as mesmas rupturas de paradigma espaço e lugar para ambientes 3D. Para o nosso caso, utilizaremos duas rupturas para criar tipos de lugares: caminho versus mapa e ponte versus fronteira.

A distinção entre caminho e mapa decorre das diferenças entre narrativas de espaço e de lugar. O caminho era o paradigma dominante nas descrições medievais de regiões geográficas. Tais descrições variavam de acordo com a pessoa, podendo privilegiar atributos comerciais, religiosos ou naturais. Atualmente, o paradigma de mapa prevalece, pois descreve regiões geográficas a partir de marcos globais tais como meridianos, nomes de cidades e rodovias. Similarmente, anotações visíveis em lugares pré-estabelecidos de um texto corresponderiam ao paradigma de mapa. Por outro lado, anotações organizadas em uma árvore de discussão correspondem ao paradigma de caminho.

As narrativas de demarcação de regiões seguem os paradigmas de fronteira e ponte. Uma região é um encontro de ações. Haverá tantas regiões quantas forem as possíveis interações. No paradigma de fronteira, uma região é delimitada pela divisão estática imposta por acidentes geográficos como rios, montanhas e vales. O paradigma de ponte delimita duas ou mais regiões pela possibilidade de atravessar ou entrar. O uso de cores ou estilos de grafia para anotação corresponde ao lugar-de-anotação como fronteira, pois permite distinguir entre conteúdo de anotação e conteúdo de texto. O acesso a uma anotação por links corresponde ao lugar-de-anotação como uma ponte entre anotação e texto.

Com base nestas rupturas de paradigmas, identificamos os tipos de lugar-de-anotação. A Figura 4.5 exibe três tipos de lugares implementados pela nossa equipe (Adriano et al. [2000]).

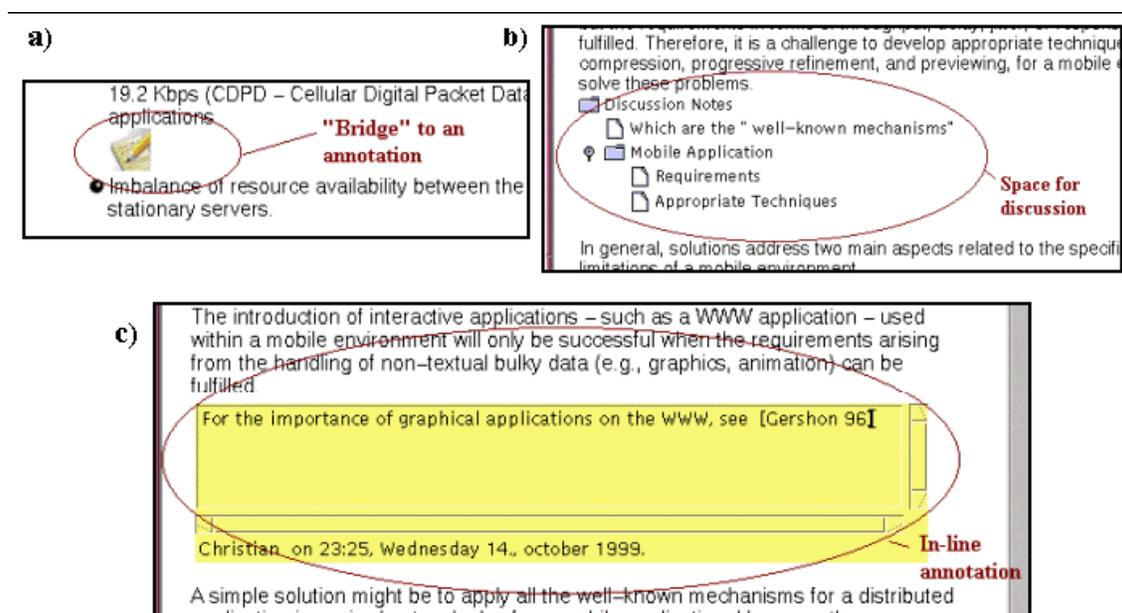


Figura 4.5 Paradigmas para tipos de lugar-de-anotação (a- Ponte, b- Caminho, c- Lugar)

A seguir está a descrição dos tipos, suas implicações comportamentais e suas adequações aos cenários de uso.

### **Âncora (ou ponte)**

Descrição: Anotações podem ser feitas por meio de âncoras associadas a um ícone ou a um hiperlink. O conteúdo da anotação não é visível, sendo necessário clicar na representação da âncora para ter acesso ao conteúdo. Ícones e hiperlinks são menos invasivos e impedem a poluição visual de um texto intensivamente anotado. Esta forma de anotação é a mais comum e amplamente adotada.

Implicações: Ícones possuem significado (autoria, motivo, relevância, etc.). Tal meta-informação pode rivalizar em importância com o próprio conteúdo da anotação. Este é o caso das marcas e lembretes para revisão e os traços (vestígios) de leitura. Ícones mal escolhidos podem prejudicar o uso de anotações.

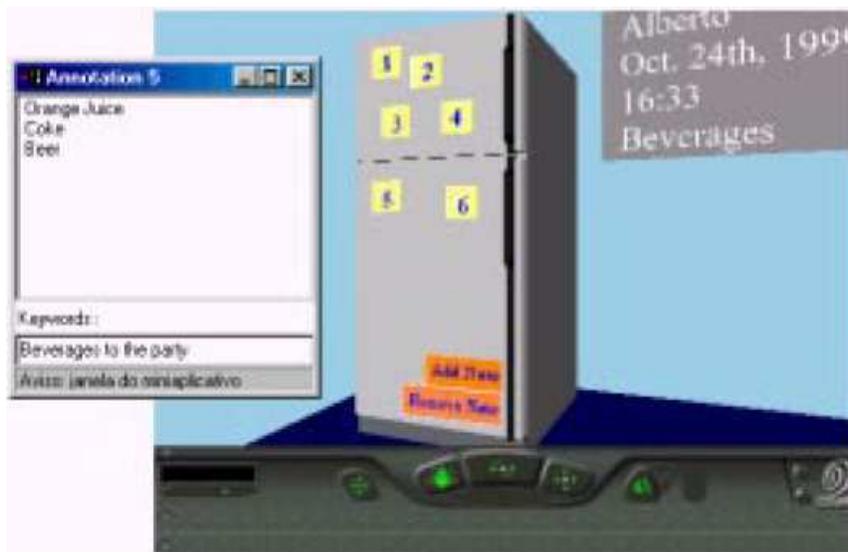
Cenários de Uso: O cenário de revisão é caracterizado por concorrência de anotadores com objetivos diferentes, portanto, a característica minimalista da âncora torna este tipo de lugar adequado, pois reduz a poluição visual do texto.

### **Post-It® (ou in-line)**

Descrição: Anotações podem ser feitas como um Post-It anexado a um texto ou a um objeto 3D (Figura 4.6). Quando feitas em textos, esta forma de anotação também é chamada de anotação in-line.

Implicações: É esperado que estes lugares apresentem o comportamento de estarem fisicamente conectados ao objeto. Portanto, as mudanças de posição do objeto devem ser refletidas em reposicionamento das anotações associadas. Outra implicação é a materialidade das anotações. Espera-se que seja possível dobrar, descolar ou cobrir com outra anotação.

Cenários de Uso: Colaboração para autoria de textos e design em ambientes virtuais 3D.



**Figura 4.6 Lugar-de-anotação em um objeto 3D**

---

### **In-Place**

Descrição: anotações podem ser feitas como desenhos manuscritos, lembrando a forma de anotar em quadros e papéis.

Implicações: é esperado que lugares deste tipo possam representar desenhos ou mesmo textos escritos à mão. Portanto, vemos anotações como traços sublinhados, círculos, caracteres a mão, desenhos, marcas, símbolos e caneta marcadora (*highlight*). Reconhecimento de caracteres e de imagens são funcionalidades derivadas desta implicação.

Cenários de Uso: anotações durante a leitura de texto se beneficiam deste lugar devido à proximidade com o modo de anotar em textos em papel. Como a leitura é uma atividade individual, não há uma preocupação com poluição visual.

### **Projeção**

Descrição: anotação pode ser feita em uma camada transparente e em seguida projetada sobre o texto ou objeto.

Implicações: espera-se que tudo que for colocado abaixo da superfície possa receber anotações. Devido ao caráter de projeção, o acesso a anotações é compreendido como uma visão, que, portanto, seria dependente da posição do expectador em relação ao objeto anotado.

Cenários de Uso: ambientes virtuais 3D e de realidade aumentada. Vimos também este tipo de lugar como solução para reposicionamento de anotações (Phelps & Wilensky [1997]), portanto adequado para o cenário de revisão colaborativa.

### **Hierárquico (ou árvore)**

Descrição: anotações podem ser feitas hierarquicamente, como uma árvore de tópicos, de modo que uma anotação possa se referir a outra anotação.

Implicações: espera-se que as anotações possam ser agrupadas como uma árvore de tópicos.

Cenários de Uso: anotação para discussão localizada em trechos de um documento.

### **Bloco de Notas**

Descrição: anotações são feitas em outra área separada do texto.

Implicações: espera-se que as anotações não possuam associações diretas com trechos do texto.

Cenários de Uso: suporte à leitura e à tomada de notas. Devido à proximidade com formas manuais de anotação, este tipo de lugar é bastante testado em dispositivos de mão (Handheld).

A Figura 4.7 ilustra o modelo para os tipos de lugar-de-anotação.

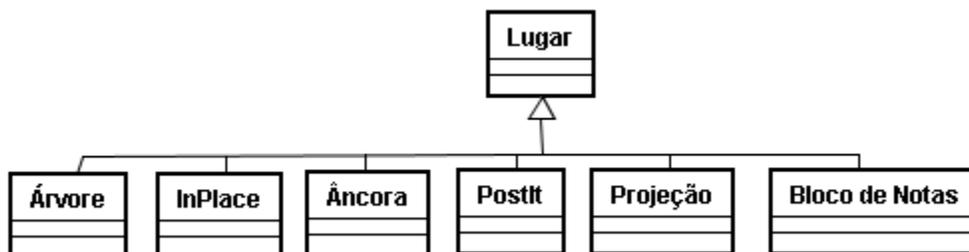


Figura 4.7 Diagrama de classe contemplando os tipos de lugar-de-anotação

## 4.3 Aspectos Dinâmicos do Modelo

### 4.3.1 Concorrência entre Grupos de Colaboradores

Os aspectos dinâmicos do modelo derivam dos processos de edição do documento e inserção de anotações. Partindo do cenário de revisão, assumimos como premissa que o documento é versionado por um gerenciador de configuração e há um aplicativo de edição que permite visualizar as anotações no documento. Para ambos os processos é necessário obter o documento em determinada versão e abri-lo em um editor de texto (Figura 4.8 e Figura 4.9).

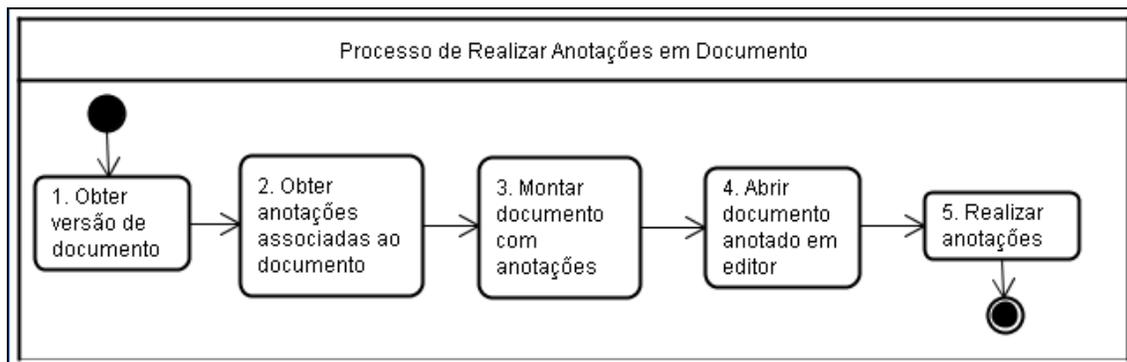


Figura 4.8 Processo de realizar anotações em um documento

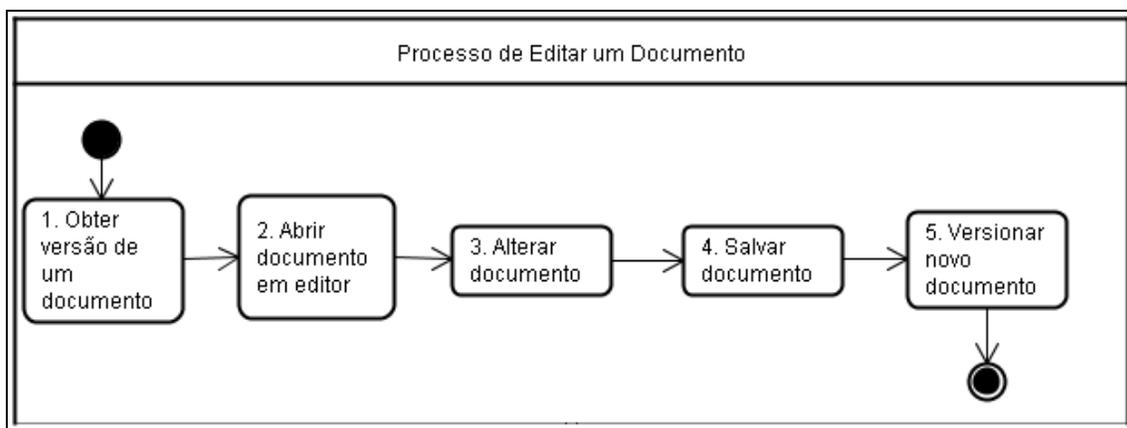
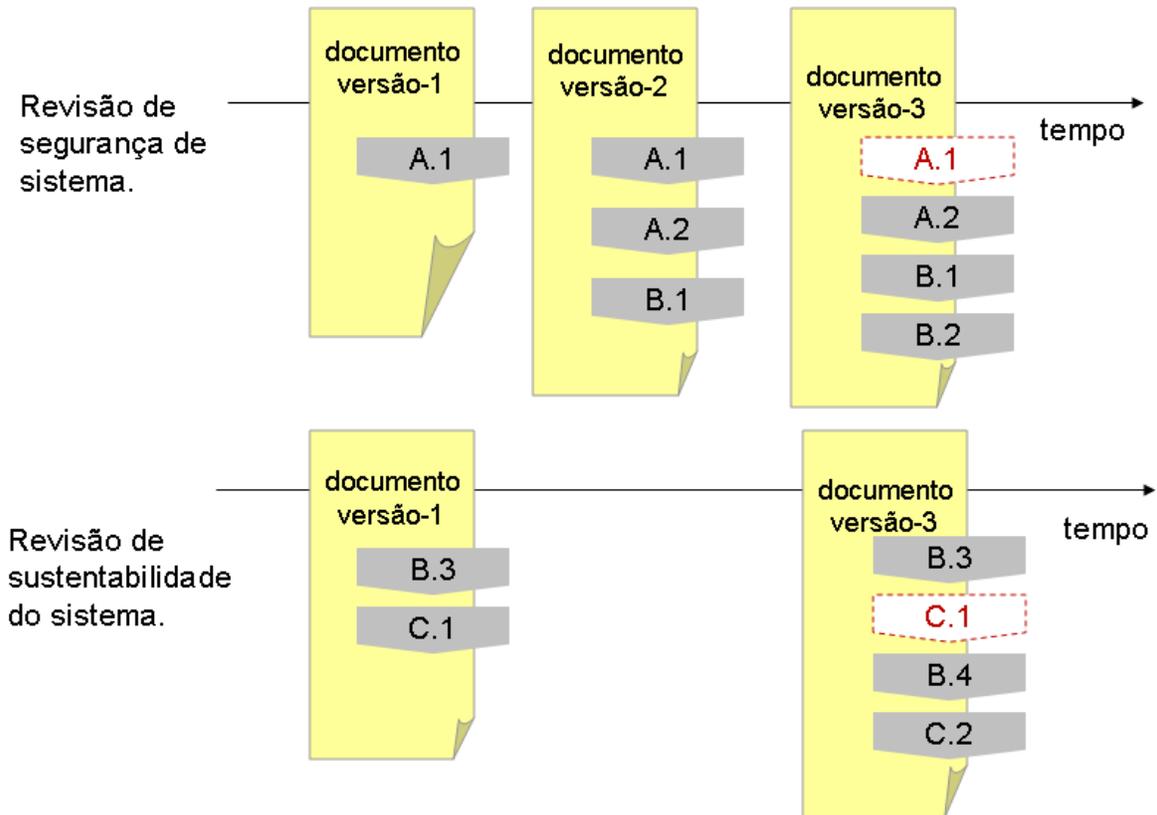


Figura 4.9 Processo de editar documento

Apesar de serem dois processos distintos, durante uma sessão de colaboração o usuário pode editar o texto e criar anotações. Portanto, novas versões do documento serão geradas, enquanto anotações são associadas a elementos do documento. Além da concorrência entre editar e anotar, há concorrência entre anotadores, pois mais de um anotador poderá anotar o mesmo trecho do documento. Ao juntarmos os dois tipos de concorrência - editar versus anotar e anotador versus anotador, teremos duas linhas de evolução para um mesmo documento. Esta

situação pertence ao cenário de revisão colaborativa de documentos. Um grupo pode realizar uma revisão arquitetural e outro uma revisão de segurança. Considerando que cada grupo possui seus próprios papéis de editores e anotadores, novas versões serão geradas e, potencialmente, anotações serão feitas em elementos impactados pelas respectivas linhas de versionamento de cada grupo. A Figura 4.10 ilustra duas linhas de revisão. No cenário de discussão já havíamos reconhecido o conceito de contexto, mas até este momento não havia aparecido oportunidade de incorporá-lo ao modelo. Cada linha de revisão será tratada como um contexto de colaboração.



**Figura 4.10 Contextos de revisão concorrentes sobre um documento. Revisores: A (Alex - Oficial de segurança), B (Bia - Arquiteta de software), C (Carol - Líder de sustentação). Ex.: B1 - anotação feita por Bia**

A revisão de segurança possui Alex e Bia como participantes. A revisão de sustentabilidade possui Bia e Carol como participantes. Bia, por ser arquiteta, participa de ambas as linhas de revisão. Além disto, podemos observar alguns fatos. Cada contexto manipula versões específicas do documento. Anotações são restritas ao contexto em que foram criadas e podem ser removidas (A1 e C1 na Figura 4.10).

O conceito de contexto de colaboração parte da premissa de que num grupo de colaboradores há algum tipo de coordenação tácita. Desta forma, o conflito de concorrência será maior intercontextos do que intracontextos. O conceito de contexto de colaboração reduz a

complexidade de concorrência. A Figura 4.11 demonstra a inclusão do contexto e do papel no modelo estático.

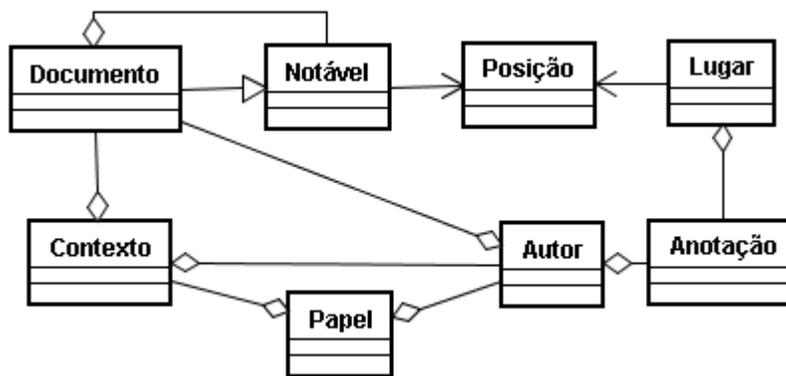


Figura 4.11 Modelo com inclusão dos conceitos de contexto e papel

### 4.3.2 Concorrência entre Editar e Anotar

O conceito de contexto não resolve a concorrência entre editar e anotar o documento. Para detalhar este conflito, escolhemos para receber anotações um arquivo de código fonte mantido em um repositório central. As etapas da Figura 4.12 estão explicadas a seguir:

- 1º. Alex e Bia obtêm cópias do mesmo arquivo fonte do repositório;
- 2º. Alex anota um método do arquivo (cópia local obtida do repositório);
- 3º. Bia altera o nome do mesmo método anotado por Alex;
- 4º. Bia versiona documento e solicita anotações de Alex para visualização.

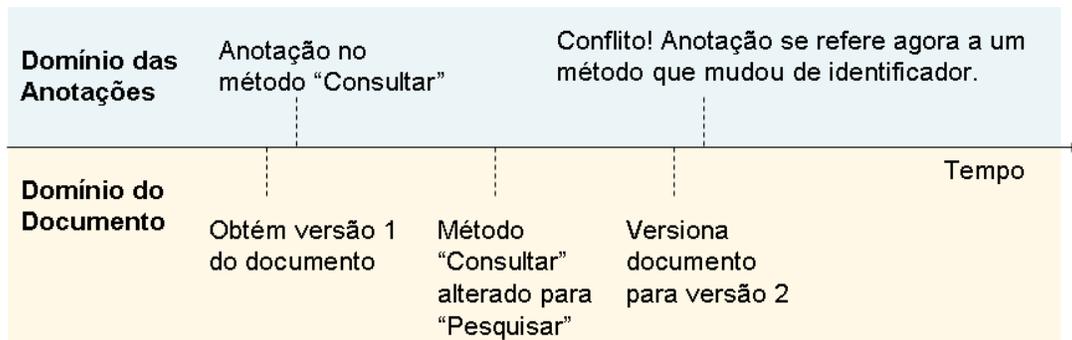


Figura 4.12 Ilustração do conflito entre anotar e editar

A partir desta situação, analisamos na tabela a seguir outras possíveis alterações de notáveis e seus impactos no posicionamento de anotações.

**Tabela 4.1 Mudanças no documento e impacto na posição dos lugares-de-anotação**

<b>Ação de Mudança no Arquivo de Código Fonte</b>	<b>Impacto (problemas)</b>
1. Inserção de método	Novo notável deve ser diferente de qualquer outro. Se tiver mesmo nome, haverá conflito.
2. Remoção de método	Se houver lugar associado, as anotações ficarão órfãs.
3. Troca parte do nome de método	Se o nome original ainda tiver uma intersecção com o novo nome, seria possível reposicionar anotações feitas neste método.
4. Troca de nome, mas mantém parâmetros	Não seria possível reposicionar anotações feitas neste método.
5. Mantém nome, mas troca parâmetros	Se os parâmetros fossem trocados, mas nome fosse mantido, então aumentaria a chance de reposicionar as anotações pré-existentes.
6. Inserir ou remover linhas	Não há impacto.

As dificuldades de posicionamento apontadas nas ações 3, 4 e 5 da Tabela 4.1 implicam que nem sempre as modificações em notáveis poderão ser rastreadas. Solucionamos o problema com novos conceitos, dois algoritmos e uma heurística.

### 4.3.3 Algoritmos e Heurísticas de Solução

A tabela a seguir formaliza os conceitos.

**Tabela 4.2 Conceitos para conciliação de conflito de posicionamento de lugar-de-anotação**

<b>Conceito</b>	<b>Descrição</b>
Notável	Um notável indica que um elemento do documento é passível de receber anotações. Um notável pode ancorar um ou mais lugares-de-anotação. O notável tem identificador único dentro de um documento.
Esqueleto	É o conjunto de notáveis que compõem a representação estrutural de determinada versão do documento.

Mapa de Equivalência	Informa a história de cada notável a partir de uma lista de pares de versão e de elemento do documento. Em outras palavras, quais elementos de determinada versão de documento são equivalentes a elementos de outras versões?
Rastreabilidade de mudanças	Recurso de registro de mudanças que impactam o esqueleto do documento. A rastreabilidade é utilizada para atualizar o mapa de equivalência.

Tendo os conceitos necessários, passamos à heurística e aos algoritmos.

### Heurística da Pré-Existência

Partimos do pressuposto de que anotações e lugares-de-anotação são pré-existentes ao respectivo notável. Portanto, a existência de anotações sobre um notável pode ser utilizada para decidir se dois notáveis em versões diferentes de documentos não são o mesmo. As informações necessárias para aplicação desta heurística são as datas de versionamento do documento e as datas de realização das anotações.

- Se um notável X de um documento recebeu anotações posteriores à data de versionamento de outro notável Y, significa que o notável Y já existia no momento da realização das anotações, portanto, o notável X é necessariamente diferente do notável Y.
- O contrário também vale. Se o notável Y possui anotações com data de realização anterior à data de versionamento de X, mas no intervalo que X existia, portanto, o notável X é necessariamente diferente do notável Y.

Entretanto, há uma brecha nesta heurística. As anotações poderiam ser mais antigas que a data de versionamento de Y e ainda sim pertencerem a Y. Isto aconteceria se Y fosse um método cuja assinatura fosse alterada após ter recebido anotações e tal informação não ser ainda conhecida. A solução para esta brecha é sincronizar a informação de alteração dos notáveis em uma única entidade, a matriz de equivalência. Falaremos dela nos algoritmos a seguir.

### Algoritmo para Conciliação Local

O objetivo deste algoritmo é resolver inconsistências criadas pelas atividades concorrentes de um mesmo usuário que edita e anota um documento. Cada vez que o usuário salvar o documento, os seguintes passos seriam executados:

- 1º. Obter todos os notáveis do documento
- 2º. Montar novo esqueleto
- 3º. Comparar com esqueleto atual
- 4º. Obter os conjuntos de notáveis sem equivalência em ambos os esqueletos
- 5º. Obter todos os lugares-de-anotação
- 6º. Para cada notável sem equivalência:
  - Comparar o identificador do lugar-de-anotação entre os notáveis solitários dos dois conjuntos. Para aqueles cujos lugares-de-anotação são os mesmos, cria uma

---

associação entre notáveis no novo esqueleto e atualiza a matriz de equivalência. Os notáveis que continuarem solitários consistem em novos notáveis com novos lugares-de-anotação, portanto, cria identificadores e grava no novo esqueleto.

A informação de identificador do lugar-de-anotação é local ao repositório do anotador, portanto, não pode ser utilizada para conciliações entre repositórios de anotação. Para conciliação entre repositórios propomos um segundo algoritmo.

### **Algoritmo para Conciliação Distribuída**

Aplicaremos este algoritmo quando for necessário conciliar anotações que estão em duas bases diferentes. Neste caso, não teremos identificadores únicos para os lugares-de-anotação. Assim, é necessário garantir que os notáveis são os mesmos, apesar de os lugares-de-anotação terem identificadores diferentes. O algoritmo executa comparações entre os notáveis dos respectivos lugares-de-anotação de cada base. Cada comparação teria um dos seguintes resultados:

- 0= Notáveis são idênticos (nome e parâmetros iguais)
- 1= Notáveis semelhantes (nome igual, mas parâmetros diferentes);
- 2= Notáveis trocados (nome de um Notável é um trecho de outro e não há nenhum outro nome de método igual);
- 3= Notáveis têm histórico em comum
  - Se os notáveis possuem algum subconjunto comum de anotações, então são equivalentes;
  - Mesmo nome, mas parâmetros diferentes e não há nenhum outro método com mesmo nome;
  - Nomes diferentes, mas com intersecção e não há outros notáveis com mesmo nome no esqueleto.
- -1= Notáveis diferentes (Heurística da Pré-Existência)

#### **4.3.4 Aspectos Complementares**

Além das questões de concorrência, identificamos outros aspectos dinâmicos transversais.

**Controlar de Acesso:** Anotações podem ser privadas, públicas ou restritas aos participantes de um contexto de colaboração. Tal controle implica somente acesso de leitura, pois anotações não são como documentos, que podem ser modificados por outras pessoas além do próprio autor.

**Imprimir Documentos e Anotações:** Experimentos de Neuwirth et al. [1998] com o PREP sugerem este requisito como um aspecto de usabilidade necessário.

**Renderizar Anotações nos Documentos:** Experimentos com anotação em objetos tridimensionais, como no caso da anotação Post-It implementada no protótipo VRML, é necessário que o conteúdo e forma da anotação seja renderizada. Este suporte nem sempre é nativo das plataformas de manipulação de documentos.

---

**Buscar a partir de Anotações:** A busca de documentos a partir de uma anotação é uma forma de utilizar anotações como meta-informação de indexação. Esta é a abordagem básica da web semântica e está presente no cenário de anotações para ontologias e bibliotecas digitais.

**Notificar Mudança:** Seriam eventos tais como uma anotação feita em um trecho crítico do documento, “anotação foi comentada”, “anotação foi lida”, etc. Necessidades de notificação foram identificadas em estudos na Microsoft Research por Cadiz, Gupta & Grudin [2000].

**Gerenciar Publicação:** Anotações para autoria colaborativa faz fronteira com sistemas de workflow publicação de conteúdo. Nestes sistemas há a preocupação em controlar o acesso de determinados públicos a versões específicas de um documento.

**Operar Desconectado:** Anotações são realizadas localmente, mas acessadas de maneira distribuída, portanto, operar sujeito à desconexão pode ser um problema para alguns usuários. Além disto, ao contrário da navegação Web, anotar é predominantemente uma atividade de autoria e não de leitura, portanto, é passível de soluções de compromisso que permitam operar desconectado e realizar conciliações sempre que oportuno.

## 4.4 Conclusão do Capítulo

### Extensões ao Modelo

Com base nas características contempladas no modelo, identificamos um conjunto de pontos de extensão, que elencamos na tabela a seguir.

**Tabela 4.3 Ações e extensões do modelo**

Possíveis Ações de Design de Cenários	Extensões e Adaptações Necessárias
Permitir cenários de anotação com novos significados e atores.	Alterar intenção da anotação e alterar atores.
Permitir que grupos de anotadores fossem alterados de acordo com a atividade.	Criar novos contextos, pois estes definem o grupo de anotadores e os seus respectivos papéis.
Permitir associar uma mesma anotação a trechos de mais de um documento.	Basta unir a informação dos esqueletos que representam os notáveis dos diferentes documentos.
Visualizar um mesmo conjunto de anotações em versões passadas do documento. Isto seria útil para avaliar o impacto das anotações na evolução do documento.	Basta buscar informação na matriz de rastreabilidade e no esqueleto do documento.

---

## Divisão de Responsabilidades

Anotações não precisam saber de outras anotações e nem como serão visualizadas, pois esta responsabilidade é do lugar-de-anotação. Desta forma, mudanças de dependências e visualização podem ser feitas sem afetar as anotações em cascata. Um exemplo disto seria inserir novas anotações no meio de uma árvore de discussão. O lugar-de-anotação trata esta mudança sem afetar as anotações já existentes. Isto é mais crítico quando temos anotações distribuídas em repositórios pessoais, que de outra forma precisariam ser afetadas.

## Autonomia entre Anotações e Documentos

A situação de concorrência suportada pelo modelo permite conceber duas dimensões de autonomia para autoria de documentos e autoria de anotações. Estas dimensões significam que anotações e documentos podem ou não ser editados autonomamente.

**Autonomia da Anotação:** Consiste no tipo de dependência das anotações em relação aos documentos. A dependência terá caráter heterônomo se as anotações não possuírem um ciclo de vida próprio. Em outras palavras, as ações de gravar, mover e editar acontecem sempre junto com o documento. Este é o caso dos Wikis, GoogleDocs e o OneNote da Microsoft. Este também é o caso dos editores instalados localmente. Por outro lado, se as anotações possuem um ciclo de vida próprio, é possível que existam independentemente do documento. Neste caso, as anotações serão autônomas, mesmo que os documentos sejam centralizados, como nas anotações na Web.

**Autonomia do Documento:** Consiste no tipo de dependência do documento em relação às anotações. O documento é mantido centralizado e todas as anotações referenciam uma mesma instância deste documento, não havendo, portanto, mais de uma versão disponível do documento. Este é o caso em que o ciclo de vida do documento não é controlado pelo papel do anotador, mas pelo papel de editor. Ferramentas que suportam este caráter centralizado de autoria de documentos são os Wikis, GoogleDocs e Anotações em Páginas Web. Por outro lado, o caráter autônomo do documento implica ter anotações em versões diferentes do mesmo documento. Este é o caso em que o ciclo de vida do documento é controlado pelo papel do anotador, que desempenha também o papel de editor. Vemos este caráter presente em editores de texto, código ou diagramas que obtêm seus documentos a partir de um sistema de versionamento compartilhado (CVS, Subversion, SourceSafe, etc.). Portanto, quanto ao ciclo de vida, temos duas opções tanto para documentos como para anotações.

- **Heterônomo:** objetos são mantidos em um único local e com uma única versão. Objetos são, portanto, dependentes e compartilham um mesmo ciclo de vida.
- **Autônomo:** objetos são mantidos em diversos locais e em versões diferentes. Objetos possuem ciclos de vida próprios e independentes.

A partir destas dimensões e das definições feitas neste capítulo será possível criar uma classificação de sistemas, que servirá para avaliar o modelo proposto frente aos sistemas de anotação concorrentes.

---

## 5 Classificação de Sistemas de Anotação Digital

### 5.1 Introdução

O objetivo deste capítulo é comparar o modelo proposto versus os sistemas existentes. Para tanto, os atributos e relacionamentos do modelo serão utilizados como critérios de classificação. Desta forma esperamos criticar as premissas adotadas no modelo à luz dos seus concorrentes. Além disto, como os sistemas concorrentes são precursores, será possível explicitar avanços e compromissos por meio da distância entre os sistemas atuais e o modelo proposto.

Classificações de sistemas de anotação já foram realizadas com focos específicos. Brush et al. [2000] classificaram os sistemas quanto à mudança assíncrona entre documentos e anotações. Para tanto, dividiram os recursos de anotação em dois grupos: documentos congelados (sistemas que não permitem mudanças após receberem anotações) e documentos com pontos pré-estabelecidos de anotação (que permitem mudanças desde que os pontos de anotação não sejam removidos). Em outra classificação por Hori, Abe & Ono [2003], os sistemas são organizados quanto à função transformadora das anotações versus o método de autoria adotado.

A seguir descrevemos o método de classificação adotado e as questões que foram priorizadas.

### 5.2 Método de Classificação

Buscamos em várias fontes um método de classificação que fornecesse uma sistemática de análise. Encontramos um arcabouço adequado nos trabalhos de Robert Dunnell na área de arqueologia (traduzidos recentemente em Dunnell [2006]). Como afinal, a arqueologia é o estudo de objetos modificados pelo homem, a classificação de sistemas (alguns com mais de 30 anos) não estaria distante de ser um ramo desta ciência. Realizando uma pequena síntese do caminho percorrido até aqui, concebemos o termo “anotação” a partir de atributos, de formas de anotar (lugar-de-anotação) e de cenários de uso. Tal abordagem tem um paralelo com os conceitos de Dunnell [2006] para respectivamente: definição intensiva, definição extensiva e descrição. A definição intensiva é obtida pela lista de seus atributos essenciais. No nosso caso, consiste da definição de anotação e do modelo proposto. A definição extensiva é obtida pela enumeração de todos os objetos para os quais o termo é aplicável. No nosso caso, as formas de anotar, que são os tipos de lugar-de-anotação. A descrição de um termo (“anotação”) é uma explanação que contempla os atributos variáveis de um objeto. Atributos variáveis são aqueles que não são necessários para identificar unicamente um termo, em outras palavras são acidentais. No nosso caso, os cenários de uso e os requisitos extraídos correspondem a uma descrição do termo “anotação”, pois são ricos em atributos variáveis. Para a classificação

---

utilizaremos todos estes conceitos de Dunnell, pois demonstramos que já foram devidamente instanciados no modelo.

A segunda parte do método é a obtenção de classes, que será feita pelos conceitos de classificação paradigmática e taxonômica. Ambos os métodos são chamados não-históricos, pois não constroem classes a partir de eventos temporais. Estes métodos estão, portanto em contraponto ao utilizado no Capítulo-2, que forneceu uma história de evolução de sistemas por meio de agrupamentos temporais. Retornando aos não-históricos, Dunnell [2006] explica que a classificação paradigmática consiste em criar classes pela intersecção de dimensões. Uma dimensão é um conjunto de atributos que não podem coexistir, portanto são excludentes. Por outro lado, a taxonomia permite criar classes compondo atributos variáveis.

O uso de classes paradigmáticas e taxonômicas permite buscar correlações entre os vários tipos de atributos. Tal abordagem tem caráter preditivo e heurístico. Primeiro, por que as dimensões podem sugerir novos tipos (como a tabela periódica de Mendeleiev). Segundo, por que os critérios de classificação permitem caracterizar rapidamente um novo elemento quanto aos atributos invariáveis (essenciais) e variáveis (acidentais) que são relevantes para o modelo.

Os critérios de criação de classes são condicionados ao objetivo de confrontar o modelo proposto com seus concorrentes. Propusemos duas questões para cumprir com sucesso este objetivo.

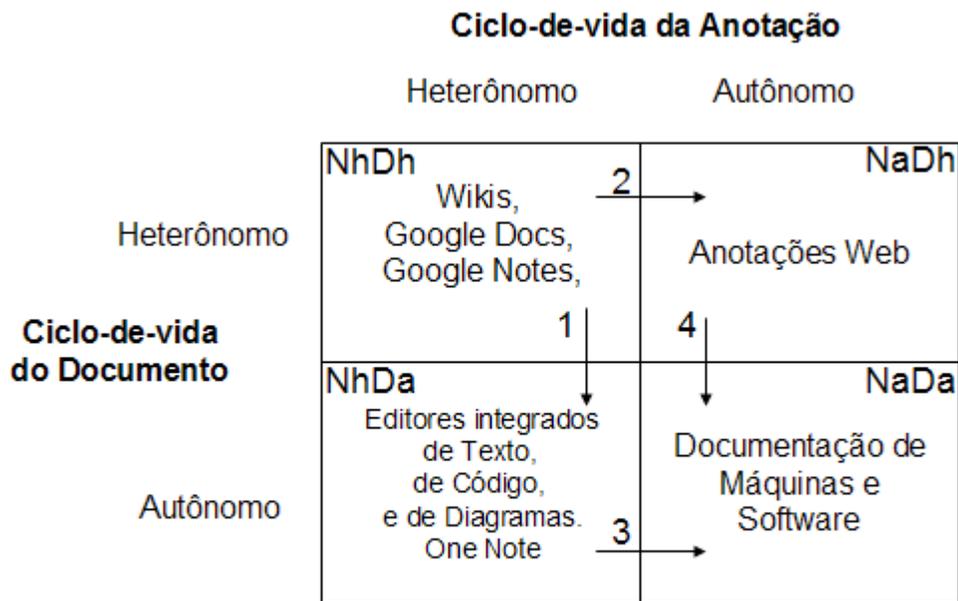
**Questão-1:** Com qual extensão os sistemas existentes cobrem as classes paradigmáticas e taxonômicas derivadas do modelo? Esta questão avaliará o modelo quanto à generalidade e à completude. Por exemplo, quais sistemas suportam quais funcionalidades previstas pelo modelo.

**Questão-2:** Como os relacionamentos previstos no modelo estão presentes nos sistemas atuais? Em outras palavras, quais são as correlações existentes versus as previstas? Esta questão avaliará o modelo quanto à capacidade de expressar as decisões de design tomadas pelos projetistas dos sistemas atuais. Como exemplo de decisões, o modelo proposto associa os tipos de lugar-de-anotação a tipos de usos. Ao mesmo tempo, o modelo não impõe dependência entre tipo de documento e tipo de persistência.

Analisaremos o número de representantes para as classes propostas, o nível de cobertura de atributos variáveis (acidentais) e as correlações qualitativas entre as classes. Quanto à fonte de dado, buscamos na literatura científica sistemas e protótipos com algum recurso de anotação digital. Utilizamos a ferramenta Treemap ([www.cs.umd.edu/hcil/treemap](http://www.cs.umd.edu/hcil/treemap)) para analisar relações entre as classes e os atributos variáveis. Os dados e resultados completos estão no Apêndice.

### 5.3 Classes Paradigmáticas

A partir da combinação das duas dimensões de autonomia derivadas do modelo exposto no Capítulo-4, obtivemos quatro classes de sistemas de anotação como ilustrado na Figura 5.1.



**Legenda:** N = Anotação; D= Documento  
 a (minúsculo)= autônoma; h (minúsculo)= heterônoma

**Figura 5.1 Quadrantes de autonomia**

**NhDh:** Esta é a classe mais simples, pois anotações e documentos compartilham o mesmo ciclo de vida. Não é possível separar anotações dos documentos, pois utilizam uma única ferramenta para editar e anotar. Desta forma, as anotações são armazenadas nos próprios documentos. Não obstante esta avaliação tecnológica, o quadrante NhDh é adequado aos cenários de discussão, pois garante uma visão única e íntegra para todos os colaboradores.

A seguir definimos os outros quadrantes a partir das transições ilustradas na Figura 5.1 pelas setas numeradas de 1 a 4.

**Transição 1 - de NhDh para NhDa:** A propriedade do documento deixa de ser única. Cada anotador possuirá uma versão do documento. Este é o caso de pessoas que precisam cooperar, mas que serão avaliadas individualmente pelo resultado final do documento anotado. O recurso de anotações em editores de textos comerciais é uma instância desta classe. Cada pessoa tem um documento com a mesma estrutura, mas com anotações diferentes. Na classe NhDa as anotações se mantêm heterônomas e os documentos se tornam autônomos.

---

**Transição 2 - de NhDh para NaDh:** As anotações se tornam privadas de modo a serem mais bem controladas pelos anotadores. Por outro lado, o documento continua único. Os cenários pré-colaborativos como a leitura, requerem esta classe de sistema. Recursos de anotação na Web por meio de navegadores são uma instância desta classe. O mesmo ocorre para recursos de anotação em dispositivos móveis, pois devido à infraestrutura sujeita a desconexões, é necessária uma separação entre anotação em bases locais e documentos em servidores. Enfim, na classe NaDh as anotações se tornam autônomas e os documentos se mantêm heterônomos.

**Transição 3 - de NhDa para NaDa:** Com esta transição a colaboração sobre versões de um documento passa a utilizar anotações pessoais. Tais anotações podem ser feitas em dispositivos móveis ou simplesmente serem disponibilizadas parcialmente pelo seu autor. Situações que requerem este tipo de flexibilidade correspondem a grupos de colaboração temporários e organizados sob demanda. Pessoas podem decidir anotar e posteriormente disponibilizar uma ou outra anotação ao grupo. Este pode ser o caso da autoria colaborativa de um relatório sobre um extenso projeto de pesquisa. Participantes e observadores compartilham diferentes versões do documento e decidem anotar na medida em que os resultados são reportados. A razão para as pessoas manterem anotações sem compartilhar pode decorrer do cuidado de esperarem por uma melhor redação da própria anotação ou mesmo do relatório. Assim se certificam que a anotação de fato será uma contribuição e não uma dispersão. Isto é patente com o papel de observador, que como tal não participa na geração de resultados. Sistemas desta classe podem evoluir de sistemas NhDa por meio de um recurso que permita editar as anotações independentemente do documento. Ao adicionarmos a um sistema NhDa recursos para disponibilizar anotações pessoais para colaboradores distribuídos, obteremos um sistema da classe NaDa.

**Transição 4 - de NaDh para NaDa:** Com esta transição, a colaboração por troca de anotações pessoais deixa de atuar sobre um único documento e passa a referenciar diferentes versões de documento. As anotações autônomas referenciam documentos de diferentes versões. Esta situação acontece na autoria colaborativa de manuais de uma família de equipamentos, que, portanto, compartilham trechos da documentação e das respectivas anotações. Este também é o caso de sistemas de documentação de produtos de software, cujas entregas (*releases*) requerem códigos fontes versionados e documentados. O uso de padrões abertos nos sistemas NaDh é um caminho de interoperabilidade que leva a sistemas da classe NaDa.

## **5.4 Análise da Distribuição dos Sistemas – Questão-1**

Começaremos pela análise das áreas de pesquisa originadoras dos sistemas concorrentes. A metodologia para seleção de fontes se baseou nos cenários de uso para escolher cinco áreas de pesquisa (primeira coluna da Tabela 5.1). Para cada área de pesquisa buscamos conferências e periódicos associados. Em seguida fizemos a busca pelos termos “annotation”, “note-taking” ou “comment”. O resultado disto é uma lista de acrônimos das conferências (segunda coluna da

Tabela 5.1) que apresentaram artigos sobre sistemas relacionados. Foram um total de 80 sistemas. Há um glossário para estes acrônimos (no Apêndice ver Tabela 0.1).

Fazendo uma análise da origem (área de pesquisa), pela Tabela 5.1 há duas comunidades que originam 51% dos sistemas - Interação Homem-Computador e os Produtos de mercado. São duas áreas com grandes preocupações de usabilidade e onde predominam sistemas stand-alone. Portanto, tal concentração de origem já nos indica prováveis concentrações em quadrantes e tipos de funcionalidades.

**Tabela 5.1 Origem dos sistemas quanto a áreas de pesquisa e conferências**

Área da Pesquisa	Fontes Agrupadas (Acrônimos de conferências e periódicos)	#	%
Interação Homem-Computador	CHI, UIST, IUI, IJCHS, LAWEB	20	25%
Suporte à Colaboração e à Educação	CSCW, CSCL, ITiCSE, EDMedia, ICALT, ICCE	10	13%
WWW	WWW, Hypertext, DocEng	11	14%
Gestão de Conhecimento e Linguística	CIKM, COLING, EKAW, ICCS, KCAP, ITVE, DL, DEXA, HICSS, HTL, ISWC	12	15%
Multi-Mídia	MM, AVI, ISM, AMCIS, Trecvid	6	8%
Produtos Comerciais	Produtos (comerciais ou gratuitos)	21	26%
<b>Total</b>		<b>80</b>	<b>100%</b>

Quanto aos quadrantes, a Tabela 5.2 demonstra que 84% dos sistemas estão concentrados nos quadrantes NaDh e NhDa. Portanto, estamos em dois extremos, pois ou temos autonomia de anotações ou de documentos.

**Tabela 5.2 Distribuição de sistemas nos quadrantes**

Quadrantes	#	%
NhDh	9	11%
NaDh	36	45%
NhDa	31	39%
NaDa	4	5%
<b>Total</b>	<b>80</b>	<b>100%</b>

Analisaremos agora a correlação entre quadrantes e tipos de lugares-de-anotação. Pela Tabela 5.3 vemos uma concentração nos tipos básicos âncora e in-place. Isto demonstra falta de exploração das outras metáforas de anotação.

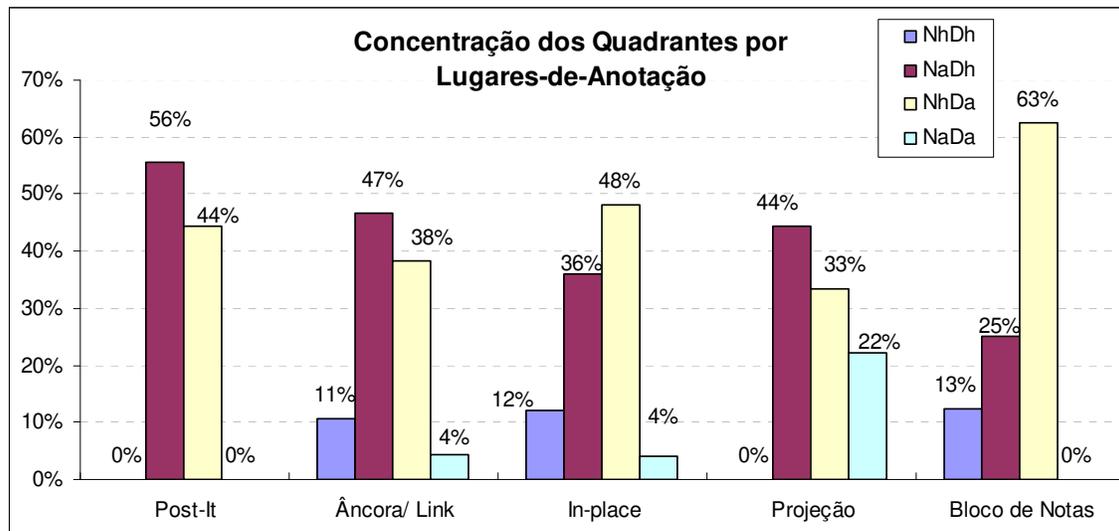
**Tabela 5.3 Concentração de tipos de lugares-de-anotação**

Lugares-de-anotação	#	%
Post-It	9	8%
Âncora/ Link	47	44%
In-place	26	25%
Projeção	8	8%
Bloco de Notas	16	15%
<b>Total</b>	<b>106</b>	<b>100%</b>

Pela Figura 5.2, o tipo in-place e o bloco de notas estão concentrados nos sistemas do quadrante NhDa. Isto se deve à facilidade de implementar recursos gráficos em aplicações stand-alone. Tal conclusão é corroborada na Figura 5.3 para o quadrante NhDa em comparação com aplicações Web (NaDh), que somente começam a ganhar recursos interativos sofisticados recentemente com a tecnologia Ajax.

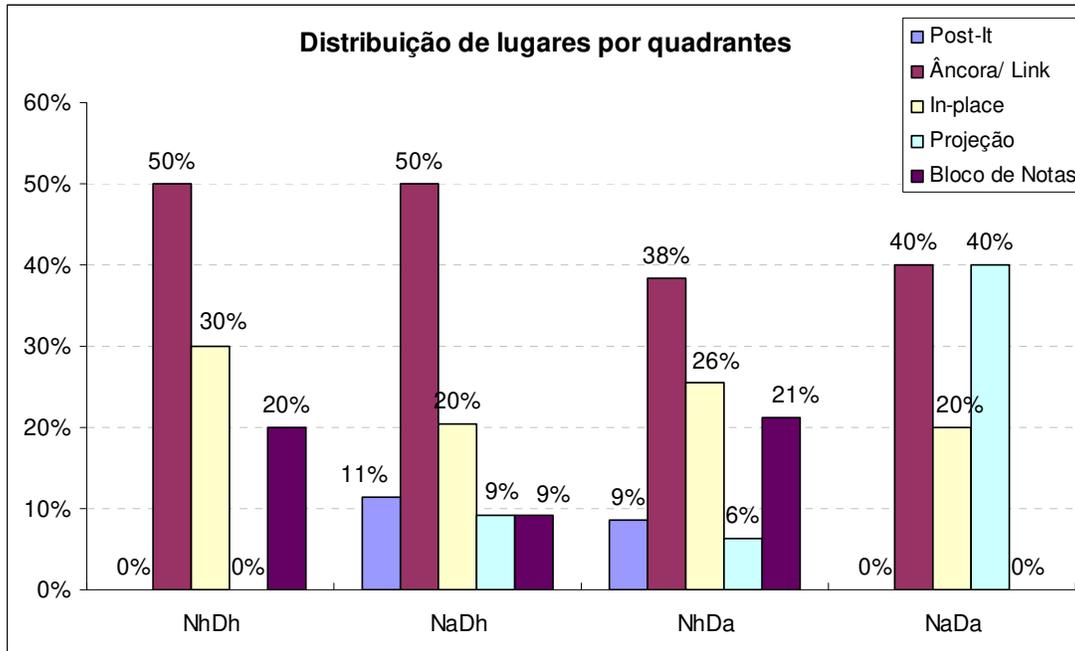
Vemos também que o lugar âncora possui maior concentração no quadrante NaDh, que reflete a adequação deste tipo de lugar às aplicações Web. Tal conclusão é corroborada na Figura 5.3, pois mostra que 50% das aplicações NaDh implementam o lugar âncora. Vemos também na Figura 5.3, que o lugar âncora é o mais suportado em todos os quadrantes. As possíveis razões podem ser a facilidade de implementação e de uso.

O tipo Post-It não tem representante nos quadrantes NaDa e NhDh. A explicação é que há poucos sistemas no quadrante NaDa. A explicação para o NhDh decorre da alta concentração de ambientes colaborativos Web com alguns anos de vida como os Wikis e o BSCW (Bentley et al. [1995]). Pela idade, acabam por utilizar a tecnologia mais simples, lugar âncora/link.



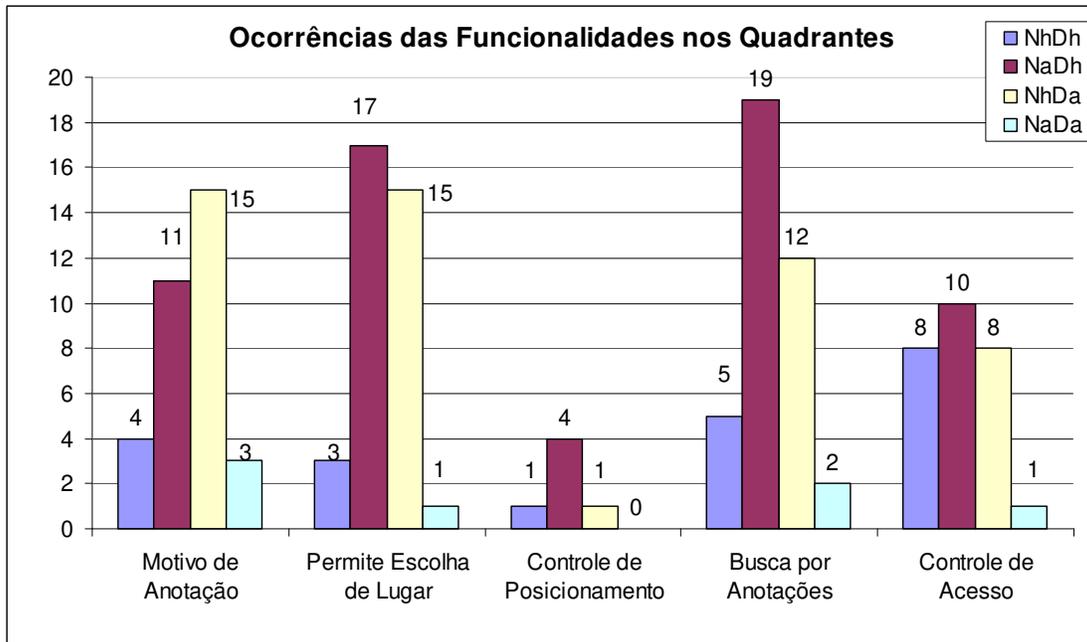
**Figura 5.2 Distribuição de quadrantes por tipos de lugar-de-anotação**

A Figura 5.3 demonstra que os quadrantes centrais NaDh e NhDa apresentam a maior diversidade de lugares-de-anotação. Tal fato pode decorrer da maior produção de sistemas nestes quadrantes.



**Figura 5.3 Distribuição de lugares-de-anotação por quadrantes**

Procuramos também correlação entre funcionalidades e quadrantes. Para tanto, selecionamos as funcionalidades que estão presentes em pelo menos 40% dos sistemas e verificamos sua distribuição nos quadrantes. A Figura 5.4 ilustra que não encontramos correlação para as funções “permite escolha de lugar”, “controle de posicionamento” e “busca por anotações”, pois a distribuição repete a distribuição de sistemas por quadrantes. O pequeno desvio é a funcionalidade de controle de acesso que apresenta um número imprevisto de ocorrências nos sistemas NhDh. Os sistemas deste quadrante que contemplam esta função são ambientes de colaboração como BSCW, Web4Groups e o GoogleDocs (ver na Apêndice a Tabela 0.3). Por serem plataformas para múltiplos usuários, é necessário o controle de acesso. Portanto, não haveria uma correlação com o caráter duplamente heterônimo do quadrante NhDh, mas sim pela concentração de ambientes multiusuários.



**Figura 5.4 Ocorrência das funcionalidades mais populares nos quadrantes**

Pela Figura 5.4, vemos também que para a função “motivo de anotação”, ao contrário das outras funções, há mais ocorrências no quadrante NhDa. Neste quadrante há mais sistemas de uso específico em comparação com os sistemas do quadrante NaDh (ver no Apêndice a Tabela 0.3). Por exemplo, sistemas para tratamento de imagem (Sepia, A4SM, VideoAnnEx) e sistemas com os conceitos de papel ou tinta digital (Paper++, Dynamite, eBook e Layer). Sistemas deste tipo requerem mais meta-informação (se comparados com os baseados em navegadores do quadrante NaDh). A explicação seria que o conteúdo da anotação é muitas vezes não textual (desenho, imagem, figura), portanto com motivo de anotação não óbvio.

## 5.5 Análise dos Relacionamentos – Questão-2

Passamos agora à questão-2, relativa ao relacionamento entre as classes. A abordagem utilizada foi de buscar correlações entre as classes já levantadas. Utilizamos a ferramenta TreeMap (Figura 5.5) para visualizar as possíveis correlações. Esta ferramenta permite obter uma contagem de ocorrências a partir da associação das classes a uma dimensão de cor ou espaço. O procedimento consistiu de escolher em filtrar os elementos de uma classe (chamada destino) a partir de outra classe (chamada origem). Desta forma obtivemos os números de ocorrências explicitados na coluna “intersecção” da Tabela 5.4. A partir destes números aplicamos os seguintes critérios para determinar se duas classes possuem uma correlação. A seguir estão os critérios:

- duas ocorrências de relação maior que 67% entre instâncias das duas classes. Por exemplo, na aresta A da Tabela 5.4, 89% do Uso “Discussão” corresponde à Família “Visualizador”;

- correspondências identificadas precisam ser de instâncias diferentes (pelo menos quatro instâncias diferentes). Por exemplo, na aresta J da Tabela 5.4, NhDa>Solução built-in; NaDh<Solução integrada;
- para uma mesma aresta, a soma das intersecções ser maior que 40% da população (73 sistemas). Portanto possuir pelo menos 30 ocorrências na intersecção. Por exemplo, na aresta I, a soma das intersecções é  $4+20 = 24$ , portanto, correspondência rejeitada.

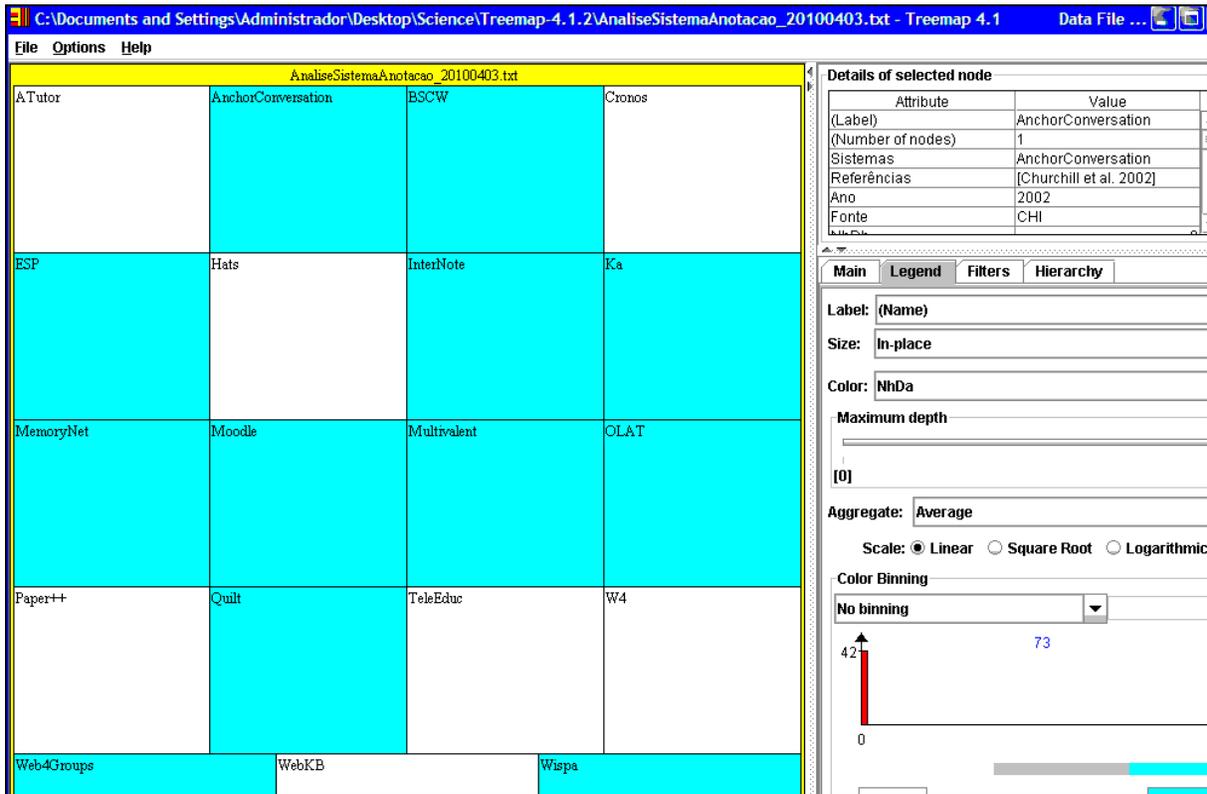
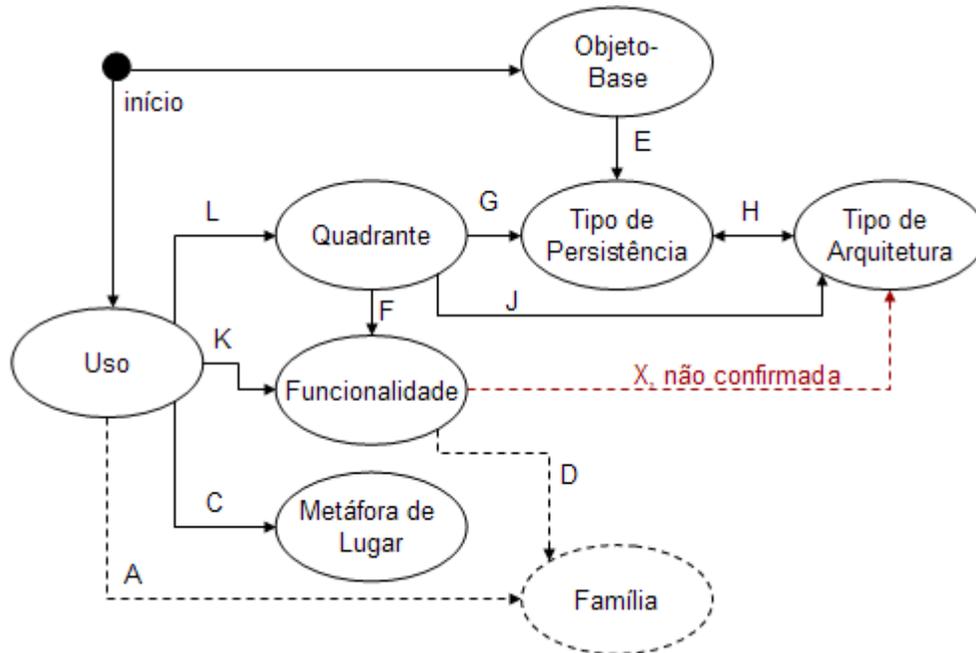


Figura 5.5 Resultado do filtro das classes lugar-de-anotação versus quadrante

Tabela 5.4 Análise de correlação entre as classes

Aresta (fundo verde = correspondência confirmada)	Origem	Destino	Correspondências						Interpretação
			Contagem Origem	Contagem Destino	Intersecção	Proporção da Origem	Proporção do Destino	Orientação	
<b>A</b> (Uso > Família)	Discussão	Visualizador	28	45	25	0,89	0,56	>	Correspondência confirmada de origem para destino
	Leitura	Visualizador	11	45	8	0,73	0,18	>	
	Autoria	Editores	12	16	9	0,75	0,56	>	
	Classificação	Biblioteca	17	7	7	0,41	1,00	<	
	Classificação	Visualizador	17	45	9	0,53	0,20	x	
<b>B</b> (Família > Objeto-base)	Visualizador	Hipertexto	45	31	17	0,38	0,55	x	Correspondência <b>descartada</b> , pois as únicas encontradas são precárias devido ao pequeno tamanho (2/3 e 6/8)
	Visualizador	3D	45	3	2	0,04	0,67	<	
	Visualizador	Vídeo	45	8	6	0,13	0,75	<	
	Visualizador	Imagem	45	12	7	0,16	0,58	x	
	Visualizador	Documento proprietário	45	20	12	0,27	0,60	x	
<b>C</b> (Uso > Metáfora)	Discussão	Âncora	28	47	23	0,82	0,49	>	Correspondência confirmada de origem para destino
	Classificação	Âncora	17	47	12	0,71	0,26	>	
	Tomar Nota	Bloco de Notas	5	16	3	0,60	0,19	x	
	Tomar Nota	In-Place	5	19	4	0,80	0,21	>	
<b>D</b> (Família > Funcionalidade)	Visualizador	Posicionamento	45	6	6	0,13	1,00	<	Correspondência confirmada de destino para origem
	Visualizador	Incorporar anotação	45	6	6	0,13	1,00	<	
	Visualizador	Notificação de mudança	45	5	5	0,11	1,00	<	
	Visualizador	Sincronização on-line	45	14	11	0,24	0,79	<	
	Visualizador	Renderização	45	13	9	0,20	0,69	<	
	Visualizador	Escolha de Posição	45	32	22	0,49	0,69	<	
	Ambientes	Controle de Acesso	4	26	3	0,75	0,12	>	
	Visualizador	Busca	45	39	25	0,56	0,64	<	
<b>E</b> Objeto-base > Persistência)	Documento proprietário	Persistência dependente	20	21	14	0,70	0,67	=	Correspondência confirmada de origem para destino
	Hipertexto	Persistência independente	31	51	30	0,97	0,59	>	
	Vídeo	Persistência independente	12	51	9	0,75	0,18	>	
<b>F</b> (Funcionalidade > Quadrante)	Controle de Acesso	NhDh	26	9	7	0,27	0,78	<	Correspondência confirmada de destino para origem, entretanto não há tendência para o quadrante NhDa.
	Busca	NaDh	39	29	19	0,49	0,66	<	
<b>G</b> (Persistência > Quadrante)	Persistência independente	NaDh	51	29	23	0,45	0,79	<	Correspondência confirmada de destino para origem
	Persistência independente	NhDh	21	9	7	0,33	0,78	<	
<b>H</b> (Persistência > Arquitetura)	Persistência independente	Solução integrada	51	13	10	0,20	0,77	<	Correspondência nos atributos. Solução integrada tem persistência independente. Persistência dependente está em built-in.
	Persistência dependente	Solução built-in	21	60	18	0,86	0,30	>	
<b>I</b> (Quadrante > Família)	NhDa	Visualizador	31	45	15	0,48	0,33	x	Correspondência <b>descartada</b> , pois intersecção menor que 40% da população.
	NaDh	Visualizador	29	45	20	0,69	0,44	>	
	NaDa	Visualizador	4	45	4	1,00	0,09	>	
<b>J</b> (Quadrante > Arquitetura)	NhDa	Solução built-in	31	60	30	0,97	0,50	>	Correspondência nos atributos.
	NaDh	Solução integrada	29	13	10	0,34	0,77	<	
<b>K</b> (Uso > Funcionalidade)	Discussão	Posicionamento	28	6	6	0,21	1,00	<	Correspondência confirmada de origem para destino
	Leitura	Motivo	11	33	9	0,82	0,27	>	
	Autoria	Escolha de Posição	12	32	8	0,67	0,25	>	
	Tomar Nota	Motivo	5	33	5	1,00	0,15	>	
	Classificação	Mídia	11	6	4	0,36	0,67	>	
<b>L</b> (Quadrante > Uso)	NhDa	Autoria	31	12	8	0,26	0,67	<	Correspondência confirmada de origem para destino
	NhDa	Leitura	31	11	7	0,23	0,64	<	
	NaDh	Discussão	29	28	16	0,55	0,57	=	

Como correlação e causalção são conceitos distintos, fizemos uma análise crítica destas relações e sintetizamos o resultado em uma árvore taxonômica (Figura 5.6). As arestas sólidas do grafo indicam uma dependência entre classe origem e classe destino. Por exemplo, a escolha do “Objeto-Base” restringe a escolha de “Tipo de Persistência”. As arestas tracejadas indicam relações desconsideradas.



**Figura 5.6 Grafo da taxonomia de características dos sistemas de anotação existentes**

O primeiro item a comentar da Figura 5.6 é que a agregação de aplicações em famílias não leva a nenhum ganho de tomada de decisão, pois o nó família é uma folha que pode ser atingida por vários caminhos e não leva a nenhum outro nó. Portanto, colocamos como tracejado para demonstrar sua eliminação da taxonomia.

Por outro lado obtivemos confirmações interessantes. A escolha do uso leva a escolhas de funcionalidades, metáforas de lugar e quadrante. Os quadrantes implicam necessidades funcionais e não-funcionais (arestas G e F), o que demonstra a grande utilidade das classes paradigmáticas para tomada de decisão. As funcionalidades são determinadas tanto pelo tipo de uso quanto pela escolha do quadrante (arestas K e F).

No tocante ao tipo de funcionalidade que o quadrante determina, vemos que são funcionalidades não relacionadas à interatividade – busca e controle de acesso (aresta F na Tabela 5.4). Já o uso determina funcionalidades relacionadas à interação via interface gráfica – motivo e escolha de posição (aresta K na Tabela 5.4).

---

Adicionalmente, a Figura 5.6 confirma o senso comum de que o tipo de persistência é estabelecido pelo tipo de relação entre documento e anotação (portanto, escolher um quadrante – aresta G) e escolher o tipo de objeto-base da anotação (aresta E). Mais uma vez, as classes paradigmáticas propostas são corroboradas pela realidade de sistemas.

Uma hipótese testada e negada foi a de que as funcionalidades associadas à interface gráfica estariam mais presentes em soluções arquiteturais embutidas (built-in), enquanto que as funcionalidades de retaguarda (ex.: versionamento, controle de acesso etc.) estariam mais presentes em soluções arquiteturais por integração. Caso se confirmasse, teríamos a aresta X desenhada na Figura 5.6 entre o nó funcionalidade e o nó tipo de arquitetura.

Quanto ao tipo de arquitetura por integração, observamos uma sutileza na aresta H (na Tabela 5.4, as células com fundo destacado). Somente a escolha do tipo “persistência dependente” condiciona o tipo arquitetura embutida, pois a escolha do tipo “persistência independente” não condiciona nenhuma solução arquitetural. No sentido inverso, a escolha da arquitetura integrada condiciona independência de persistência entre documento e anotação. Tal sutileza explica atribuir à aresta H dois sentidos no grafo. Entretanto, isto não significa uma relação de “se somente se”.

## 5.6 Conclusão do Capítulo

Há uma carência de soluções para os quadrantes NaDa e NhDh. Tal carência dificulta a busca por correlações destes quadrantes com os tipos de lugar e tipos de funcionalidade. Há falta de protótipos para os tipos de lugar projeção e árvore. Por outro lado, há uma concentração nos tipos de lugar âncora, in-place e bloco de notas. Mesmo os tipos in-place e bloco de notas não atingem concentração maior que 21% em um mesmo quadrante (Figura 5.3). Inferimos que tal concentração se deve à adequação entre o tipo de quadrante e o tipo de lugar-de-anotação. Por exemplo, o quadrante NaDh privilegia o lugar Âncora, enquanto quadrante NhDa privilegia os lugares in-place e bloco de notas. Vimos no Capítulo-4 que o lugar projeção é adequado para tratar reposicionamento de anotações, que é um requisito forte em cenários de alta concorrência (quadrante NaDa). O lugar árvore é adequado para situações de interação dinâmica e estruturada sobre o texto, tal como no cenário de discussão (quadrante NhDh). Sugerimos que, como os quadrantes NaDa e NhDh estão sub-representados por sistemas, isto justificaria a baixa representatividade dos lugares projeção e árvore.

Não detectamos correlação entre tipos de funcionalidade e os tipos de quadrante. Esta evidência suporta de maneira mais específica o problema que introduzimos nesta dissertação – falta de uma conceituação essencial para reuso. Apesar de haver tipos de sistemas (quadrantes), estes tipos não refletem conjuntos de funcionalidades próprias, que seriam essenciais a cada quadrante. Entretanto, temos algumas limitações na análise das funcionalidades, pois estas foram concebidas como aspectos variáveis da classificação. Portanto, são contingentes ao

---

conjunto de sistemas levantados. Em outras palavras, as relações entre as classes poderão mudar à medida que novos sistemas e funcionalidades sejam incluídos na taxonomia proposta.

Encerramos este capítulo tendo confirmado e avaliado frente aos concorrentes tanto os conceitos do modelo quanto às relações entre as suas classes taxonômicas. Passaremos agora ao desenho da arquitetura do sistema de anotação digital. A preocupação deixará de ser conceitual e passará a ser de pertinência e de operacionalização dos conceitos em um design de software.

---

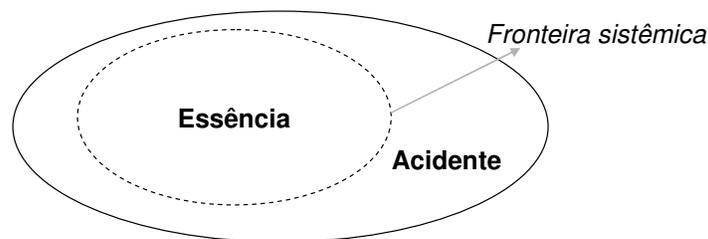
# 6 Arquitetura Proposta

## 6.1 Introdução

As decisões de design foram guiadas pelas questões de fronteira da aplicação, de estilo arquitetural e de realização dos requisitos em componentes. Faremos primeiro uma separação de requisitos dentro e fora da fronteira. Em seguida utilizaremos os resultados deste recorte para determinar os componentes de uma arquitetura apropriada para anotações digitais.

## 6.2 Fronteira da Aplicação

Determinar a fronteira do software é uma questão difícil e com vários desdobramentos. A abordagem que adotamos foi definir a fronteira pela separação entre requisitos essenciais e acidentais. Os itens acidentais serão exteriores e, portanto, serão contemplados por soluções de integração. A Figura 6.1 ilustra a fronteira sistêmica separando essência e acidente.



**Figura 6.1 Ilustração da fronteira sistêmica como a borda de um conjunto**

Segundo Brooks [1986], os aspectos essenciais são aqueles inerentes ao software e que não podem ser mudados sob o risco de estarmos falando de outra tecnologia que não software. Os aspectos acidentais são respostas a dificuldades não-conceituais, tais como tecnologia disponível, ambiente sócio-econômico e aspectos humanos. Brooks definiu como essência do software a flexibilidade, a invisibilidade, a complexidade e a capacidade de mudança. Estes são aspectos ontológicos (constitutivos). Precisamos de conceito operacional que permita separar requisitos essenciais e acidentais. Para tanto, buscamos algumas discussões na área da filosofia da ciência.

Para Aristóteles, a essência precede o ser e as coisas. A essência está associada à forma da coisa e não ao conteúdo. Assim, a essência existe sem a necessidade dos seres e das coisas. A essência é utilizada para explicar o conceito de anterioridade – “são anteriores às outras as coisas que podem ser sem estas últimas, mas não estas sem aquelas”, como transcrito de Pereira [2001]. Este conceito de essência é utilizado como instrumento de classificação em Wittgenstein

---

(parágrafo 67 em *Especulações Filosóficas*, Wittgenstein [1945]). Utilizando a essência como propriedade da coisa, temos segundo Kripke [1908], que  $\underline{E}$  é essência individual de  $X$ , se:

- $\underline{E}$  é conjunto de propriedades tal que cada membro de  $\underline{E}$  é uma propriedade essencial de  $X$ ;
- Não é possível para qualquer objeto  $Y$  (para  $Y$  diferente de  $X$ ) possuir todas as propriedades contidas em  $\underline{E}$ .

Em síntese, uma propriedade é essencial se uma coisa não pode deixar de possuí-la sem deixar de ser o que ela é. Assim, a propriedade é necessariamente inerente à coisa. Por outro lado, a propriedade é acidental, quando uma coisa pode não tê-la e ainda ser a mesma coisa. Seria como uma “maneira da coisa ter sido”, suposição “e se”, mas que ainda preserva o sentido da coisa. Até aqui a essência é uma idéia, pois está isolada no campo do abstrato.

Na obra “*Crítica da Razão Pura*”, Kant retira a essência do isolamento abstrato ao introduzir os juízos analíticos e sintéticos. Os juízos analíticos são aqueles em cujo predicado já está embutido o conceito do sujeito, tais como “a esfera é redonda” ou “o corpo é extenso”. Tais juízos servem para explicitar o conceito do sujeito. Pelo fato de não agregar informação, pois o predicado já está contido no sujeito, a essência é sempre expressada por juízos analíticos. Os juízos sintéticos consistem em predicados que agregam informação ao sujeito (ex. a esfera é metálica). Logo, tais juízos fazem avançar o conhecimento sobre o sujeito. Portanto, essência e acidente comporiam o conhecimento científico.

Encontramos um aprimoramento do conceito na discussão sobre a cientificidade das ciências sociais. Em Seneda [2008], os filósofos Heinrich Rickert e Max Weber são citados respectivamente por conceber a essência como o vínculo método-objeto e como propriedade do método. A essência seria uma referência interna do que é o trabalho científico e não, como supõe o pensamento aristotélico, uma propriedade do objeto em questão. A essência passa a ser o suporte de conhecimento sobre o objeto (a partir de um método) e não um suporte da realidade tal como ela é. Esta conclusão está de acordo com a teoria kantiana para o conhecimento da coisa como algo ao mesmo tempo imanente (está na coisa) e transcendente (é idealização). Para Kant, o conhecimento é o fenômeno reconhecido como resultado de um processo de percepção de sensações, realização de juízos e aplicação de categorias.

Essência e acidente se formam no embate do campo lógico-abstrato contra o campo empírico. Assim, como sugerido em Seneda [2008], a essência nunca se deixa contemplar ou apreender intuitivamente, pois somente é acessível por meio de um pensamento discursivo ou por uma construção conceitual. Transportando para o contexto de engenharia de software, o pensamento discursivo é realizado pelos cenários de uso, enquanto que a construção conceitual é representada por modelos e arquiteturas. Enfim, a essência define a construção de um objeto de pesquisa e, portanto, não faz parte de uma ontologia, mas de uma metodologia (Figura 6.2).

## Sequência Utilizada para Concepção da Essência

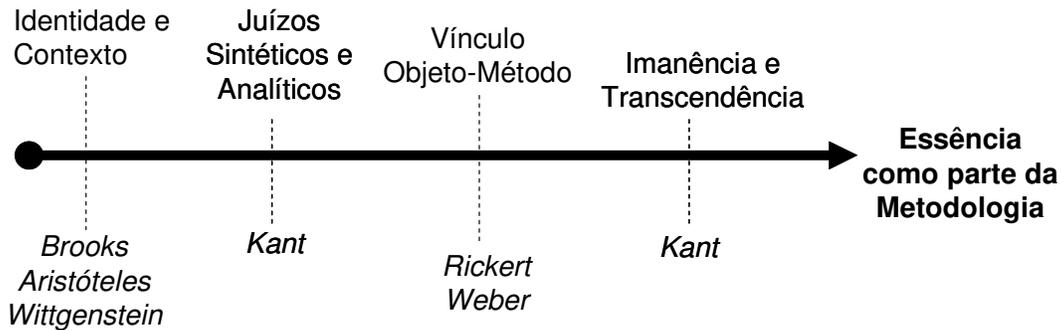


Figura 6.2 Sequência de concepções utilizadas para chegarmos à definição operacional da essência

Feita a conceituação, falta-nos o método. Para tanto, elaboramos um método baseado em princípios de engenharia de software. Os princípios foram obtidos de Bourque et al. [2002]. Na Tabela 6.1, interpretamos cada princípio de modo a permitir reconhecer características essenciais.

Tabela 6.1 Critérios de seleção derivados de princípios fundamentais

Os Oitos Critérios para Reconhecer Princípios Fundamentais (Bourque et al. [2002])	Derivação de Princípios para Características Essenciais
1. Princípios fundamentais são menos específicos que metodologias e técnicas.	Características essenciais devem ser abstratas e instanciadas como requisitos implementáveis.
2. Princípios Fundamentais são mais duradouros que metodologias e técnicas.	Características essenciais dependem do método, mas não devem ser somente uma resposta a limitações metodológicas ou técnicas.
3. Princípios fundamentais são tipicamente descobertos ou abstraídos da prática e devem ter alguma correspondência com boas práticas.	Características essenciais são definidas a partir realidade de sistemas existentes e os respectivos racionais de design e de uso.
4. Princípios fundamentais de engenharia de software não devem contradizer princípios fundamentais mais gerais.	Características essenciais não devem contradizer princípios éticos, ambientais e de interação homem-computador.

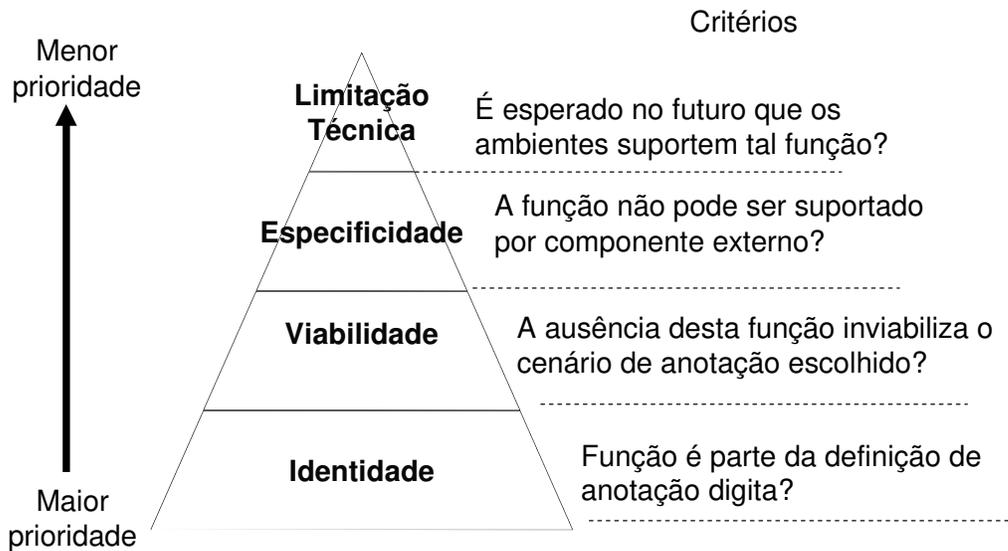
5. Princípios fundamentais não devem priorizar características de uma solução (processo de engenharia deve fazê-lo). Princípios fundamentais devem identificar e explicar a importância de várias características, as quais o processo de engenharia por sua vez poderá selecionar.	Características essenciais devem ser identificadas com base em um método explícito de seleção e classificação. Chamaremos o método de “Critérios de Seleção de Essenciais” (Tabela 6.2 Critérios de seleção de essenciais).
6. Pode haver compromissos entre princípios fundamentais diferentes.	Características essenciais podem ser concorrentes e, portanto, ser necessário seleção de compromisso.
7. Um princípio fundamental deve ser preciso o suficiente para ser capaz de garantir confirmação ou contradição.	Características essenciais devem ser descritas por requisitos funcionais e não-funcionais objetivos.
8. Um princípio fundamental deve se relacionar com um ou mais conceitos básicos.	Características essenciais devem ser descritas a partir de conceitos básicos pré-estabelecidos.

**Tabela 6.2 Critérios de seleção de essenciais**

<b>Critérios de Seleção de Essenciais</b>	<b>Descrição</b>	<b>Princípios de Suporte da Tabela 7.1</b>
Limitação Técnica	O requisito essencial não deve se justificar unicamente como resposta a limitações tecnológicas. Em outras palavras, se os ambientes atuais devem evoluir para ter determinada função, então tal função é essencial. Do contrário, não.	Princípio-2
Especificidade	O requisito essencial não deve existir em outros sistemas que tenham finalidades distintas. Em outras palavras, o requisito não deve ser suprido por outros sistemas. Se puder ser suprido, então é acidental.	Princípio-1
Viabilidade	O requisito essencial deve resistir à prova de confirmação ou contradição. Em outras palavras, podemos anotar sem determinado recurso ou isto inviabilizaria o cenário proposto?	Princípio-7

Identidade	O requisito essencial deve ser descrito em termos de anotação, posição e lugar-de-anotação. Portanto, também não deve contradizer estes conceitos. Em outras palavras, o que estamos fazendo é parte da atividade de anotar?	Princípio-8 Princípio-4
------------	--	----------------------------

Os critérios devem ser aplicados de maneira sequencial. Um requisito é considerado essencial se atender a pelo menos um critério. A Figura 6.3 ilustra os critérios de maneira hierárquica.



**Figura 6.3 Hierarquia de critérios de seleção de essenciais**

Aplicamos os critérios aos requisitos identificados. A Tabela 6.3 demonstra analiticamente como cada critério foi atendido por cada requisito.

**Tabela 6.3 Aplicação dos critérios aos requisitos**

Requisitos	Atende ao Critério?				Justificativa
	Identidade	Viabilidade	Especificidade	Limitação Técnica	
RF1. Associar anotações a qualquer parte do documento ou a partes pré-definidas	Sim	-	-	-	É parte da atividade de anotar
RF2. Mover anotações de posição	Sim	-	-	-	É parte da atividade de anotar
RF3. Anotar em várias mídias (som, texto, imagem, vídeo)	Sim	-	-	-	É parte da atividade de anotar
RF4. Manter informação de autoria e motivo de anotações	Sim	-	-	-	É parte da atividade de anotar
RF5. Anotar sobre outras anotações (lugar de anotação)	Sim	-	-	-	É parte da atividade de anotar
RF6. Manter anotações independentes do documento	Não	Sim	-	-	Ausência inviabiliza o cenário
RF7. Compartilhar anotações entre colaboradores	Não	Sim	-	-	Ausência inviabiliza o cenário
RF8. Manter documentos intactos (copyright)	Não	Sim	-	-	Ausência inviabiliza o cenário
RF9. Anotar em diferentes versões de documento	Não	Não	Sim	-	Não pode ser suportado por componentes externos
RF10. Conciliar anotações e versões de documentos concorrentes	Não	Não	Sim	-	Não pode ser suportado por componentes externos
RF11. Preservar anotações cuja posição no documento foi perdida (orfanação de anotações)	Não	Não	Sim	-	Não pode ser suportado por componentes externos
RF12. Buscar a partir de anotações	Não	Não	Não	Sim	É esperado no futuro que os ambientes suportem esta função.
RF13. Visualizar conjuntamente anotações e documentos	Não	Não	Não	Sim	É esperado no futuro que os ambientes suportem esta função.
RF14. Renderizar anotações	Não	Não	Não	Sim	É esperado no futuro que os ambientes suportem esta função.
RF15. Imprimir anotações e documentos	Não	Não	Não	Sim	É esperado no futuro que os ambientes suportem esta função.
RF16. Controlar versão de documentos	Não	Não	Não	Não	Não atendeu aos critérios
RF17. Controlar acesso por perfil	Não	Não	Não	Não	Não atendeu aos critérios
RF18. Coordenar diálogo	Não	Não	Não	Não	Não atendeu aos critérios
RF19. Notificar mudança	Não	Não	Não	Não	Não atendeu aos critérios
RF20. Gerenciar publicação	Não	Não	Não	Não	Não atendeu aos critérios
RF21. Operar desconectado	Não	Não	Não	Não	Não atendeu aos critérios

Resumindo o resultado da Tabela 6.3, temos que o critério de identidade selecionou os requisitos 1, 2, 3, 4 e 5, pois todos tratam da atividade de anotar já conceituada. O critério de viabilidade

---

selecionou os requisitos 6, 7 e 8, pois sem a integridade das anotações e documentos não é possível estabelecer os recursos de colaboração necessários para realizar o cenário de revisão. O critério de especificidade selecionou os requisitos 9, 10 e 11, pois requerem acesso direto às anotações e, portanto, não são funções genéricas que poderiam ser atendidas por componentes de prateleira. O critério de limitação técnica selecionou os requisitos 12, 13, 14 e 15, pois os ambientes de manipulação de documentos atuais não fornecem tais funções de anotação, entretanto é esperado que forneçam no futuro. Em outras palavras, são funções que não cabem em nenhum outro sistema além destes ambientes. Os requisitos que não foram selecionados por nenhum critério, foram considerados acidentais (do requisito 16 ao 21).

### 6.3 Estilos e Elementos Arquiteturais

A arquitetura do sistema de anotação deve resolver o desafio de implementar e integrar as funcionalidades listadas em algum sistema pré-existente de edição de documentos. Buscamos inspiração em Schön [1982], que relatando um diálogo entre um arquiteto e uma estudante demonstra a primazia da transformação ante a explicação. Decisões, por vezes arbitrárias, mantêm a conversação em andamento e o design em evolução. Sistematizando a inspiração, efetuamos movimentos entre o micro (elementos) e o macro (estilo) balanceando as seguintes tensões: exploratória (e se) versus implicação (causa e consequência), discriminação (especialização) versus totalização (generalização) e envolvimento (extensibilidade) versus compromisso (composição). O método que escolhemos para instanciar tal abordagem foi o design dirigido por domínio de Evans [2004]. Por ser uma evolução dos padrões de análise de Fowler [1997], este método permitiu combinar a realização dos requisitos com a identificação de módulos num estilo arquitetural escolhido. Os resultados estão organizados na sequência de aplicação dos seguintes padrões (Evans [2004]): CORE, SEGREGATED CORE, GENERIC SUBDOMAINS, MECHANISM e PLUGGABLE COMPONENT FRAMEWORK.

CORE: consiste nas partes do modelo que são distintivas e centrais para os propósitos da aplicação. No nosso caso, a anotação digital e sua associação com o documento e o autor. O núcleo da aplicação (Figura 6.4) permite associar anotações e documentos nos aspectos já demonstrados como essenciais. A seguir está a realização de cada requisito.

- RF1. Associar anotações a qualquer parte do documento ou a partes pré-definidas: a classe notável realiza este requisito. Na Figura 6.4 utilizamos o padrão “Composite” (Gamma et al. [1995]) para que o Documento seja um Notável e uma composição.
- RF2. Mover anotações de posição: lugar-de-anotação associado a uma posição;
- RF3. Anotar em várias mídias: conteúdo da anotação determina mídia;
- RF4. Manter informação de autoria e motivo de anotações: autor e atributos de anotação;
- RF5. Anotar sobre outras anotações: lugar-de-anotação é responsável por agregar anotações na estrutura desejada. O lugar-de-anotação separa conteúdo da anotação, posição e visualização;

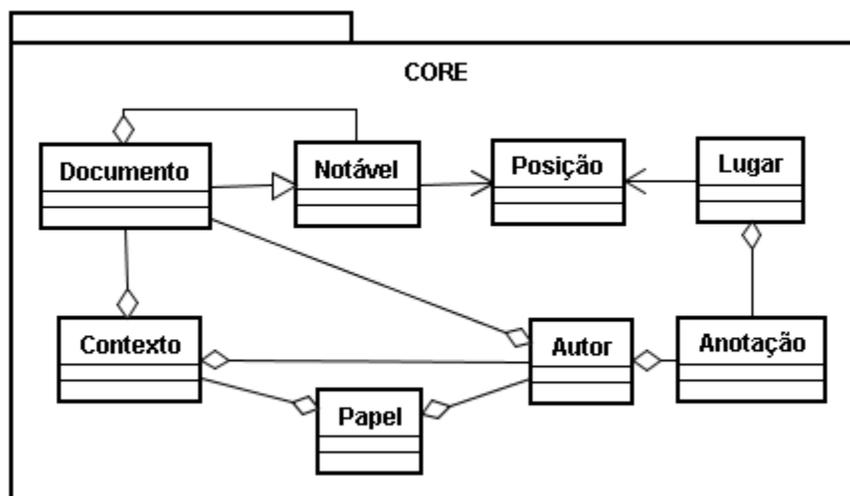


Figura 6.4 Elementos do CORE

SEGREGATED CORE: consiste em elementos do modelo que servem parcialmente ao CORE.

A solução para concorrência de anotações e documentos é um aspecto complementar e não genérico. Portanto, para manter a coesão do CORE, segregamos o modelo de conciliação (Figura 6.5). O módulo Reconciliador permite que anotações e documentos evoluam autonomamente.

A seguir explicamos como cada requisito foi realizado.

- RF6. Manter anotações independentes do documento: documento é persistido no Controlador de Versão. As anotações são persistidas em um modelo de dados próprio;
- RF7. Compartilhar anotações entre colaboradores: a classe compositor (Figura 6.5) utiliza a busca e o controle de acesso para recuperar anotações de diferentes pessoas;
- RF8. Manter documentos intactos (copyright): anotações não são persistidas nos documentos, mas em modelo de dados próprio.
- RF9. Anotar em diferentes versões de documento: o mapa de equivalência mantém a rastreabilidade entre versões de documento e os notáveis;
- RF10. Conciliar anotações e versões de documentos concorrentes: a explicitação da estrutura do documento (Esqueleto) e a associação desta com uma estrutura de notáveis são a solução de design para segregar estrutura e conteúdo. Esta decisão é uma hipótese forte e transversal a todo o modelo. Separar estrutura e conteúdo resolve o problema de posicionamento, que é um problema de estrutura. Isto permite que estruturas diferentes sejam utilizadas e quando forem versionadas passem por um processo de conciliação e resolução de conflito.
- RF11. Preservar anotações cuja posição no documento foi perdida: teremos um notável específico para anotações que perderam referência na estrutura do documento.

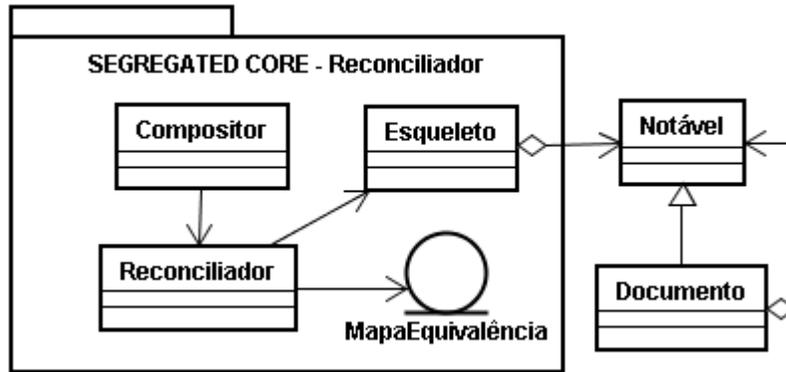


Figura 6.5 Reconciliador como SEGREGATED CORE

GENERIC SUBDOMAIN: consiste em partes do modelo que adicionam complexidade sem capturar conhecimento especializado (Figura 6.6). Estes componentes não são a motivação principal do modelo, mas são necessários para sua implementação completa, pois os elementos do subdomínio suportam atividades específicas dos cenários de uso. Devido ao caráter genérico deste padrão, Evans [2004] inclusive recomenda avaliar soluções de prateleira. Seguem as realizações abaixo.

- RF17. Controlar Acesso por Perfil: suportado por um componente que fornecerá definição dos papéis de colaboração – RF7;
- RF16. Controlar Versão de Documentos: suportado por um componente que fornecerá versões de documentos para anotação – RF10. Poderemos adotar um componente de prateleira ou o próprio sistema de arquivos, pois a gestão de configuração é um padrão de fato para gerir a concorrência de edição. O componente centralizará versões de documentos e resolverá os conflitos entre versões. O versionamento de documento permite que as mudanças sejam incrementais e que os conflitos sejam resolvidos no âmbito do versionador, em outras palavras no momento de disponibilizar as mudanças (via versionador) a outros colaboradores. Apesar de a edição ser feita de maneira autônoma e distribuída, a conciliação de conflitos é mediada pelo versionador. Isto é um paradigma centralizado para o compartilhamento do documento. A solução para anotações também é de compartilhamento centralizado por autor de anotação, pois os repositórios de anotações são pessoais.

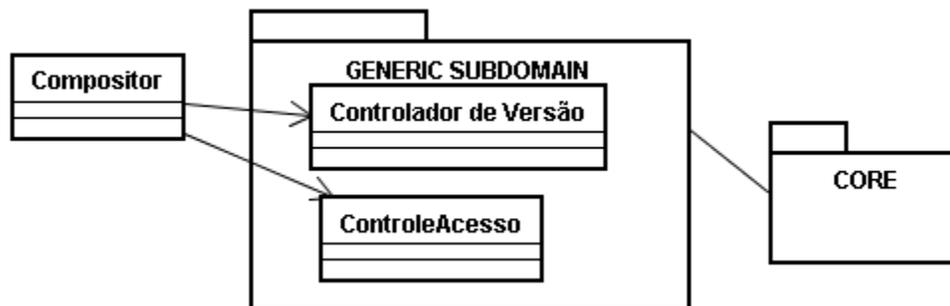


Figura 6.6 Componentes do GENERIC SUBDOMAIN

---

Da mesma forma que sugerimos implementações como GENERIC SUBDOMAINS para os requisitos 16 e 17, o mesmo pode ser feito para os requisitos fora da fronteira (18, 19, 20 e 21).

PLUGGABLE COMPONENT FRAMEWORK: permite reuso de um fluxo de controle ao mesmo tempo em que permite realizar extensões em pontos pré-determinados (os *hotspots* de Pree [1994]). Os requisitos de busca por anotações, visualização, renderização e impressão de anotações (RF12, RF13, RF14 e RF15) são dependentes da plataforma de edição e visualização de documentos. Estes requisitos podem ser realizados em um ambiente que suporte extensão das funcionalidades de manipulação de documentos.

Escolhemos como solução de extensibilidade o framework para plugins pelas razões a seguir. A ausência de eventos no CORE elimina os estilos baseados em eventos, tais como os barramentos. A falta de uma classificação de funções e de restrições de comunicação leva ao descarte do estilo por camadas de responsabilidades. Também não temos elementos autônomos e replicados que demandem um estilo baseado em redes ou em agentes. Por fim, não temos necessidades de desacoplamento que justifique um modelo baseado em serviços. Por outro lado, a necessidade de integrar as funções de anotação com funções pré-existentes de edição justificam um estilo baseado em plugins. Com este estilo é possível estender a aplicação central (um editor) e intervir nos fluxos de controle interno de maneira conveniente (ex. antes de mostrar o documento, recompô-lo com as respectivas anotações). Um segundo ponto positivo é que há várias plataformas que fornecem frameworks de plugins, o que facilita uma implementação para demonstrar o modelo proposto.

## 6.4 Conclusão do Capítulo

Observando os resultados obtidos, percebemos que obtivemos um mapeamento exato entre os critérios de seleção de essenciais e os padrões de análise. O padrão CORE comportou os requisitos que atendem ao critério de identidade. O padrão SEGREGATED CORE comportou os requisitos que atendem aos critérios de viabilidade e de especificidade. Os requisitos que atenderam ao critério de limitação tecnológica foram mapeados no padrão PLUGGABLE COMPONENT FRAMEWORK. Os requisitos que não atenderam a nenhum critério, portanto considerados acidentais, foram modelados no padrão GENERIC SUBDOMAIN. Inicialmente, tal mapeamento não foi proposital, mas se demonstrou consistente para tomar decisões. Retomando o início da seção 6.3, este resultado demonstra a dualidade e a arbitrariedade da atividade de design em experimentar soluções obedecendo e violando restrições.

Percebemos também que há uma grande dependência do método de seleção de essenciais em relação a três conjuntos: o domínio da aplicação, o cenário proposto e a tecnologia disponível (COTS e ambientes). Isto implica em que, mesmo mantendo a lista de requisitos, se alterarmos a composição de qualquer destes três conjuntos, o resultado obtido pelos critérios será diferente. Concluimos, portanto, que a declaração do que é essencial ou acidental varia à medida que o entendimento do domínio e as realidades de uso e da tecnologia disponível evoluem.

---

A seguir teremos a implementação, que além demonstrar a viabilidade do modelo, explicitará itens de design não previstos pelos meios adotados. Inspiramo-nos no preceito de Reeves [1992], no qual a codificação, depuração e testes constituem também atividades de design.

## 7 Implementação

### 7.1 Introdução

Consideramos a codificação uma etapa de design (Reeves [1992]). Não realizamos estudos com usuários ou testes de usabilidade. Para demonstrar a arquitetura, escolhemos implementar alguns dos componentes propostos no Capítulo-6. Para os requisitos do CORE e SEGREGATED CORE realizamos uma implementação completa, inclusive dos algoritmos de conciliação. Já para os requisitos do GENERIC SUBDOMAIN, implementamos apenas o requisito de controle de acesso. O requisito de controle de versão ficou como extensão sugerida. Quanto ao PLUGGABLE COMPONENT FRAMEWORK, implementamos os requisitos de busca e visualização, mas deixamos como extensão os requisitos de renderização e de impressão. As implementações serão demonstradas por meio de telas e de diagramas detalhados. Também discutiremos novas questões de design descobertas.

### 7.2 Ambiente de Autoria (Pluggable Component Framework)

Seguindo a arquitetura proposta no Capítulo-6, escolhemos o ambiente Eclipse para implementar o padrão PLUGGABLE COMPONENT FRAMEWORK. Como consequência, o documento a ser anotado corresponde a arquivos de código fonte. O ambiente Eclipse é composto de um pequeno núcleo (*kernell*) chamado de “carregador de plugin”. A integração entre os plugins é feita com o padrão de design “Observer” (Gamma et al. [1995]). Além do ambiente Eclipse, adaptamos um plugin de revisão de código chamado Jupiter (Yamashita et al. [2006]) e integramos três novos componentes (Figura 7.1).

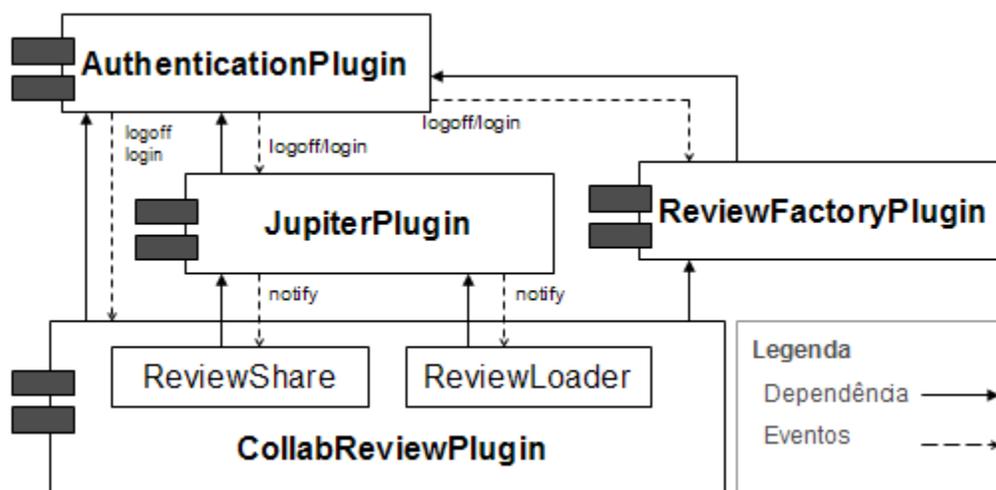


Figura 7.1 Componentes implementados e integrados ao plugin Jupiter

A seguir detalhamos o funcionamento de cada componente, iniciando pelo plugin Jupiter.

### 7.3 Plugin Jupiter e Adaptações

O plugin Jupiter automatiza um cenário de revisão com quatro fases – configuração, individual, equipe e retrabalho. A primeira fase (Figura 7.2) consiste em escolher autor, revisores, arquivos e atributos de revisão (severidade, tipo, resolução, status, etc.).

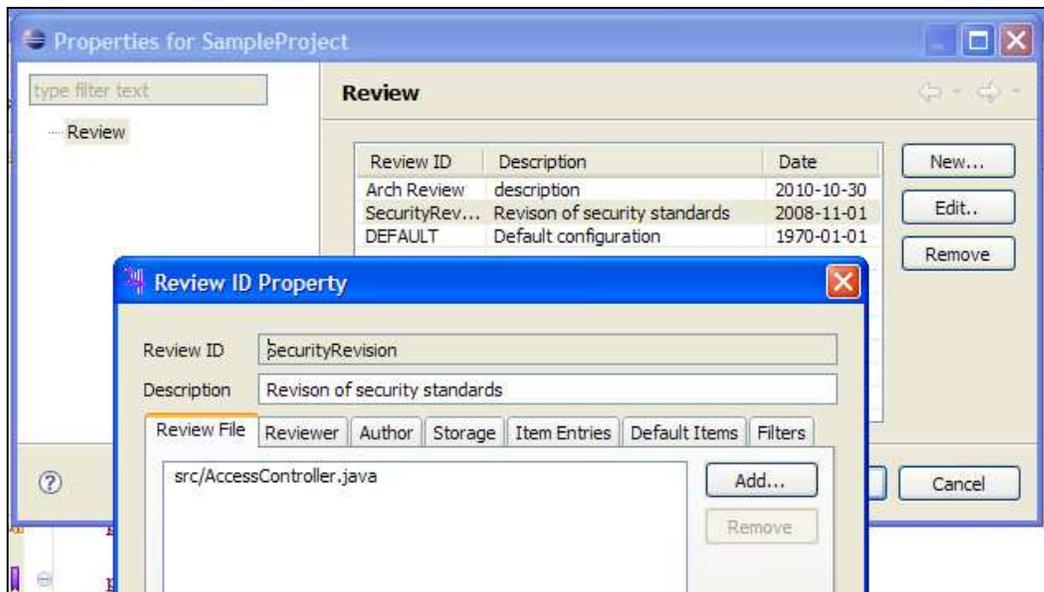


Figura 7.2 Configuração da revisão

A segunda fase consiste na criação individual das ocorrências pelos revisores (aba "Individual Phase" na Figura 7.3). Uma ocorrência consiste em um problema identificado no código e é exibida como uma anotação ao lado do código fonte. Esta forma de exibição e o acesso ao conteúdo em uma área apartada correspondem à metáfora de lugar âncora – Figura 7.4). Na terceira fase a equipe recebe uma lista de ocorrências filtradas por um moderador (aba "Team Phase" na Figura 7.3). A quarta fase corresponde à atuação da pessoa à qual foi delegada a resolução da ocorrência (aba "Rework" na Figura 7.3).

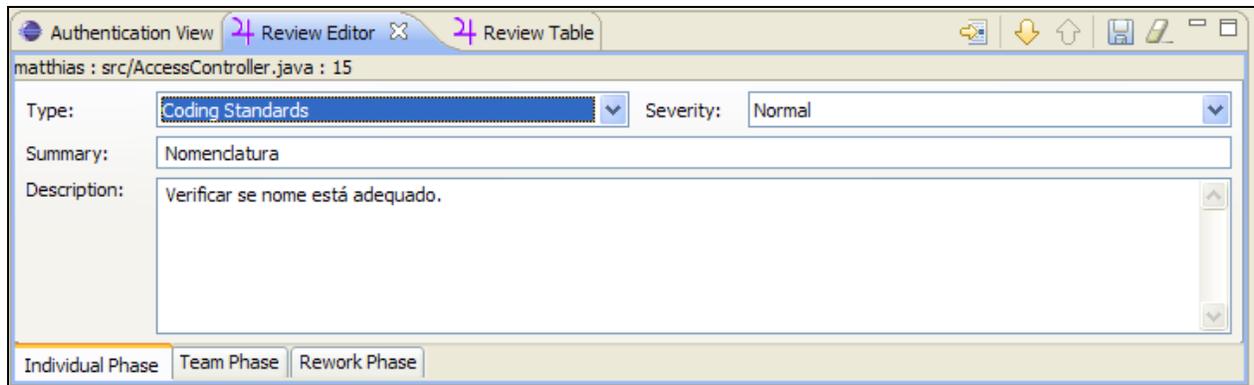


Figura 7.3 Criação de ocorrências de revisão

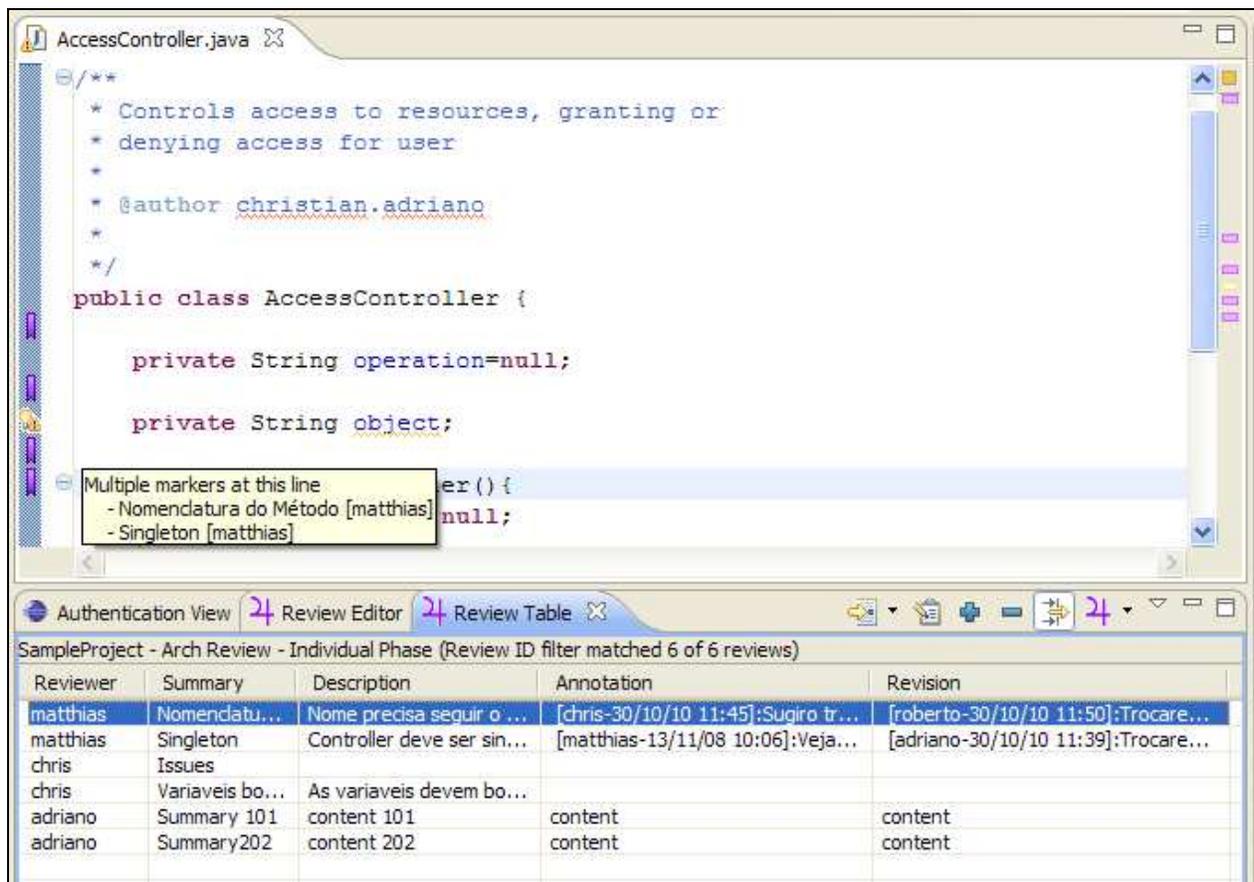


Figura 7.4 Implementação do lugar âncora com duas ocorrências na mesma posição

Adaptamos o plugin Jupiter em dois aspectos. Primeiro, alteramos a visualização das ocorrências de modo a ter um lugar-de-anotação adequado ao cenário de revisão proposto. Para tanto, permitimos a visualização dos comentários trocados entre os autores durante as fases de revisão (Figura 7.5). Segundo, forçamos o respeito à informação de autoria. Explicaremos isto mais adiante quando falarmos do componente de autenticação.

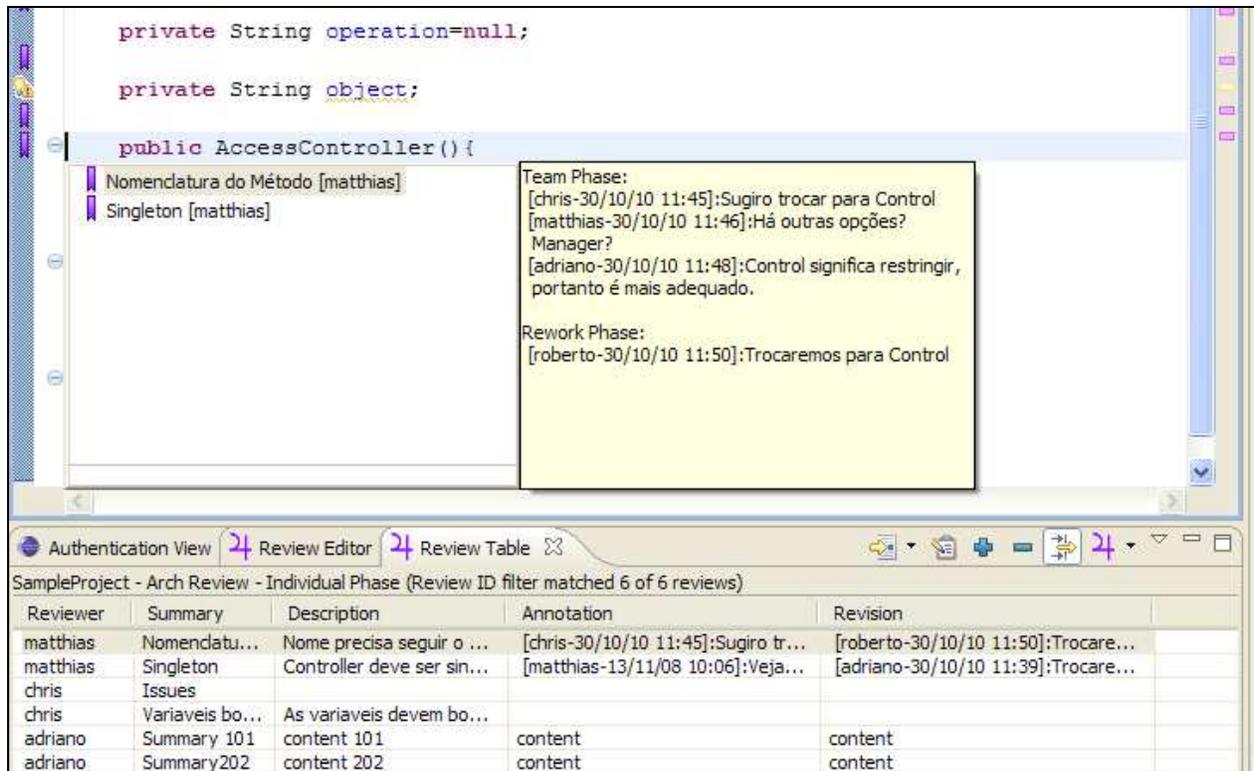


Figura 7.5 Lugar-de-anotação para discussão do processo de revisão

## 7.4 Componente ReviewFactoryPlugin (CORE)

O componente ReviewFactoryPlugin realiza o padrão CORE, portanto, contém o modelo estático e é responsável pela persistência das anotações de maneira segregada do documento. A integração do CORE com o plugin Jupiter demandou um mapeamento entre os conceitos do plugin Jupiter e os conceitos de lugar-de-anotação (Tabela 7.1).

Tabela 7.1 Mapeamento entre entidades

Entidades do Plugin Jupiter	Entidades do CORE
Review	Contexto
Revisor	Autor
File	Documento
Issue	Lugar
-	Notável
Phase Fields	Anotação

Há duas estruturas que precisam ser carregadas no plugin Jupiter: a sessão de revisão (Review) e as ocorrências (Issues). O componente ReviewFactoryPlugin é uma fábrica (padrão AbstractFactory, Gamma et al. [1995]) que instancia revisões e ocorrências a partir de um repositório de anotações. O caminho oposto, converter ocorrências em anotações, também é de responsabilidade desta fábrica.

Não conseguimos obter um mapeamento para o conceito de notável. A solução foi implementar cada notável como chave do lugar-de-anotação. Desta forma, a estrutura de lugares é coincidente com a estrutura de notáveis. A consequência imediata é que não foi possível ter um mapeamento entre as declarações de método dos arquivos e os notáveis (como seria desejável). Portanto, ao criar um novo método no documento sob revisão, não é criado um novo notável. Para tanto, é necessário realizar uma anotação para que seja feita uma associação a um notável. Uma alternativa possível, seria estender o editor do Eclipse para capturar a posição de cada novo método durante a sua criação ou alteração. Na implementação atual, as anotações podem ser feitas em declarações de métodos ou em qualquer linha do arquivo. Edições e remoções de linhas acima ou abaixo não acarretam perda de posição do lugar-de-anotação.

## 7.5 Componente CollabReviewPlugin (Segregated Core)

O componente CollabReviewPlugin realiza o padrão SEGREGATED CORE, pois implementa as funções de carregar e salvar as ocorrências de uma revisão. Para tanto, foi necessária uma integração meticulosa com os eventos gerados pelo plugin Jupiter. A Figura 7.6 ilustra as dependências implementadas para gravar e recuperar revisões. A carga de revisões envolve acionar a fábrica e escrever dois arquivos (.jupiter e .review), que são lidos pelo plugin Jupiter.

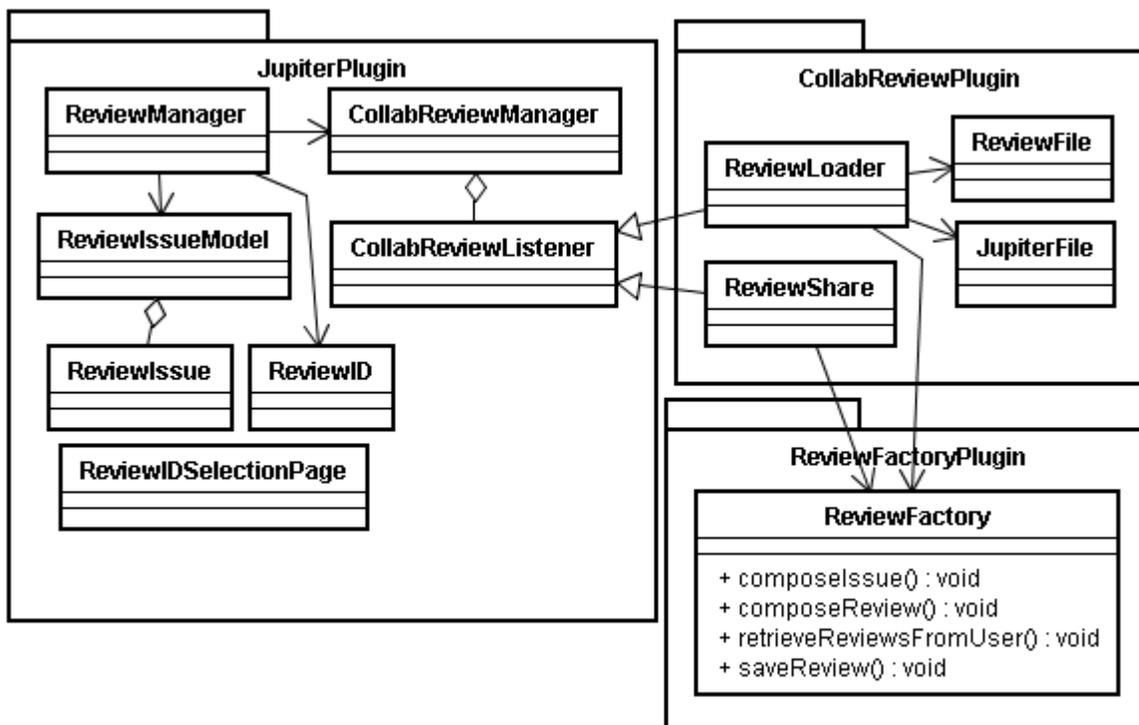


Figura 7.6 Recuperação e gravação de revisões (Review) e ocorrências (Issue)

As ações de carregar e gravar revisões são disparadas a partir das telas do plugin Jupiter e são encaminhadas ao componente CollabReviewPlugin por meio de uma interface de notificação

---

(padrão “Observer”). Como as entidades de revisão e de ocorrência não transitam por esta interface, temos que obtê-las diretamente acionando as classes estáticas ReviewID e ReviewIssueModel.

O componente CollabReviewPlugin também comanda a conciliação de anotações e documentos. Para tanto, utiliza o mapa de equivalência e os algoritmos apresentados no Capítulo-4. O mapa de equivalência é uma estrutura bidimensional com as seguintes atribuições: identificar unicamente cada notável, mapear cada notável para a versão correspondente de documento e associar notáveis entre versões dos documentos (Tabela 7.2).

**Tabela 7.2 Exemplo de mapa de equivalência**

	Versões do documento		
Notável	1	2	3
get	get	getter	getter
insert	insert	insertName	insertName
move	move	move	move

O mapa de equivalências é único por documento e deve ser atualizado a cada nova versão do documento, que pode alterar ou criar notáveis. A possibilidade de ter o mapa distribuído nos repositórios de anotação requereria um segundo nível de conciliação para contemplar a concorrência entre versões do mesmo mapa. Não contemplamos esta situação e tampouco fizemos testes de execução dos algoritmos de conciliação devido à deficiência de integração do conceito de notável com o plugin Jupiter. A Figura 7.7 demonstra as classes que foram implementadas e a Figura 7.8 a sequência de chamadas. A partir do mapa é possível montar um documento com anotações feitas em versões diferentes do documento. Para tanto, basta obter os notáveis e buscar por equivalências na matriz a partir das versões desejadas dos documentos.

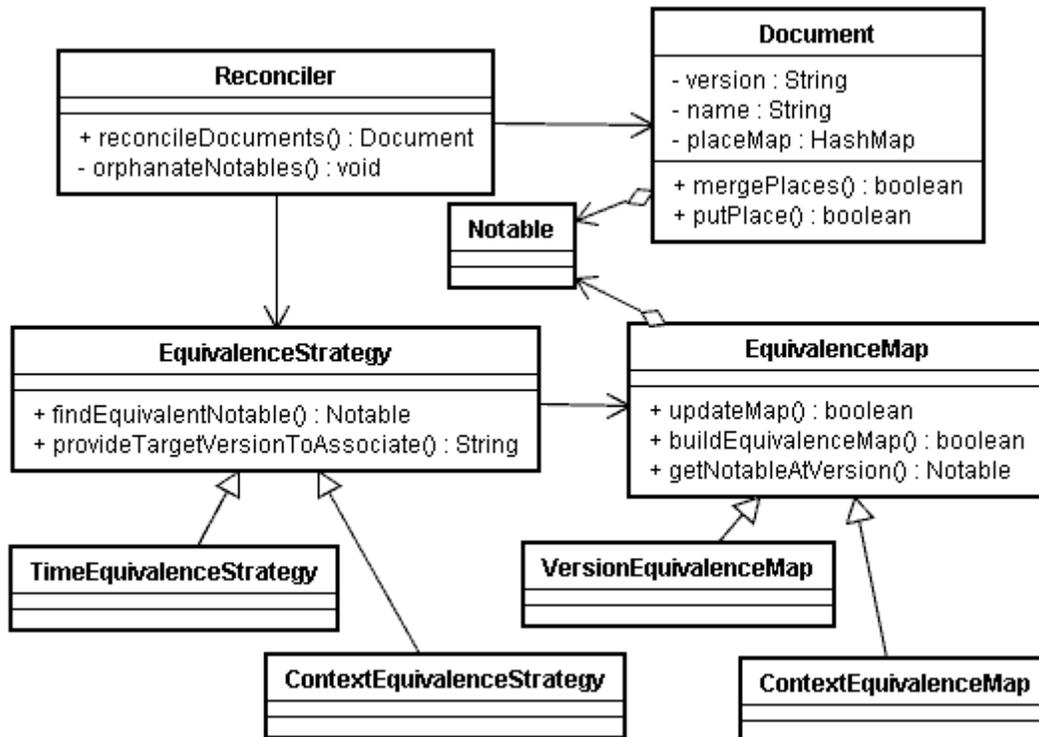


Figura 7.7 Diagrama de classe dos objetos responsáveis pela conciliação

A definição da equivalência pode partir de algo como “a última versão que recebeu anotações no contexto de revisão arquitetural”. Tal variabilidade sugere a possibilidade de diferentes estratégias de equivalência entre as versões do documento e suas estruturas de notáveis. Os mecanismos típicos de resolução de conflito de versionamento não possuem tal grau de extensibilidade, pois tomam decisão ad hoc durante o “merging” de versões. Cada estratégia requer uma estrutura de dados própria. Não há como dissociar o método de definição da equivalência do método de busca da equivalência. Portanto, codificamos uma interface que apresenta ambos os métodos (provideTargetVersionToAssociate() e findEquivalentNotable() ).

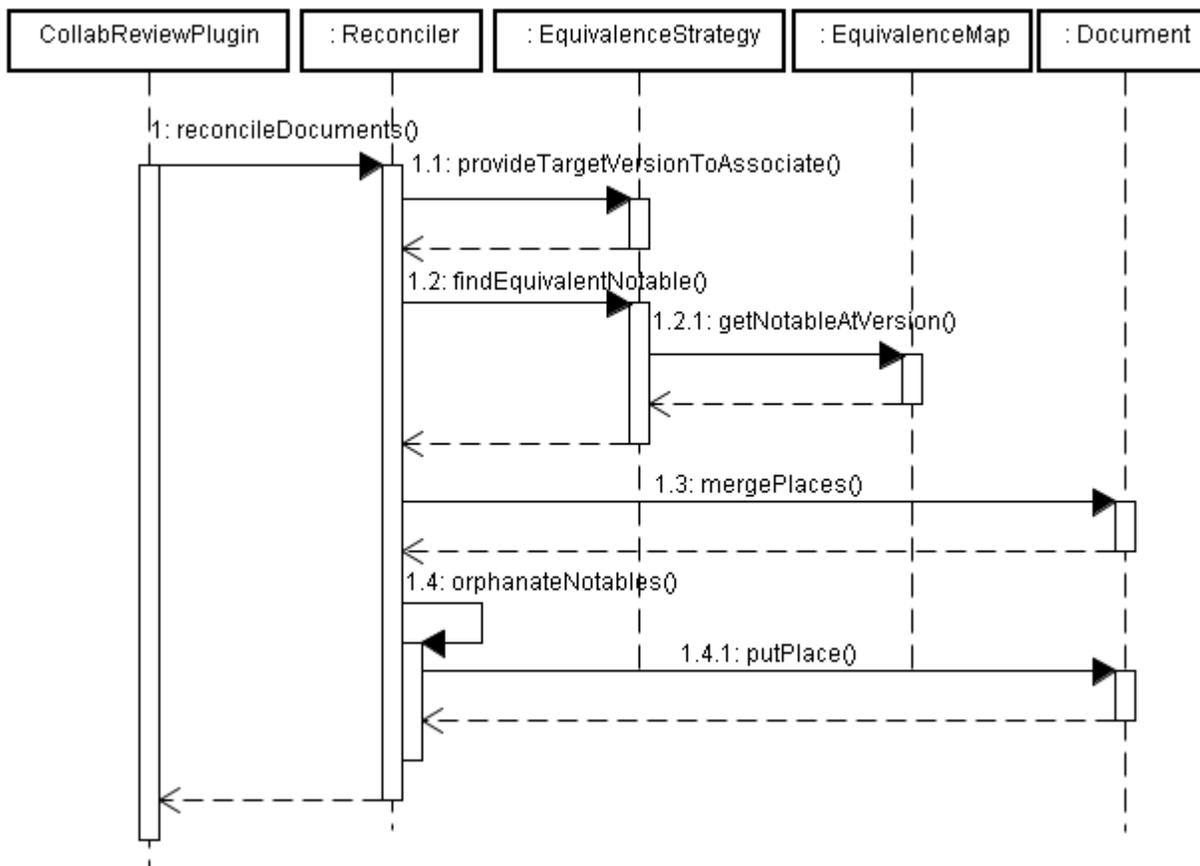


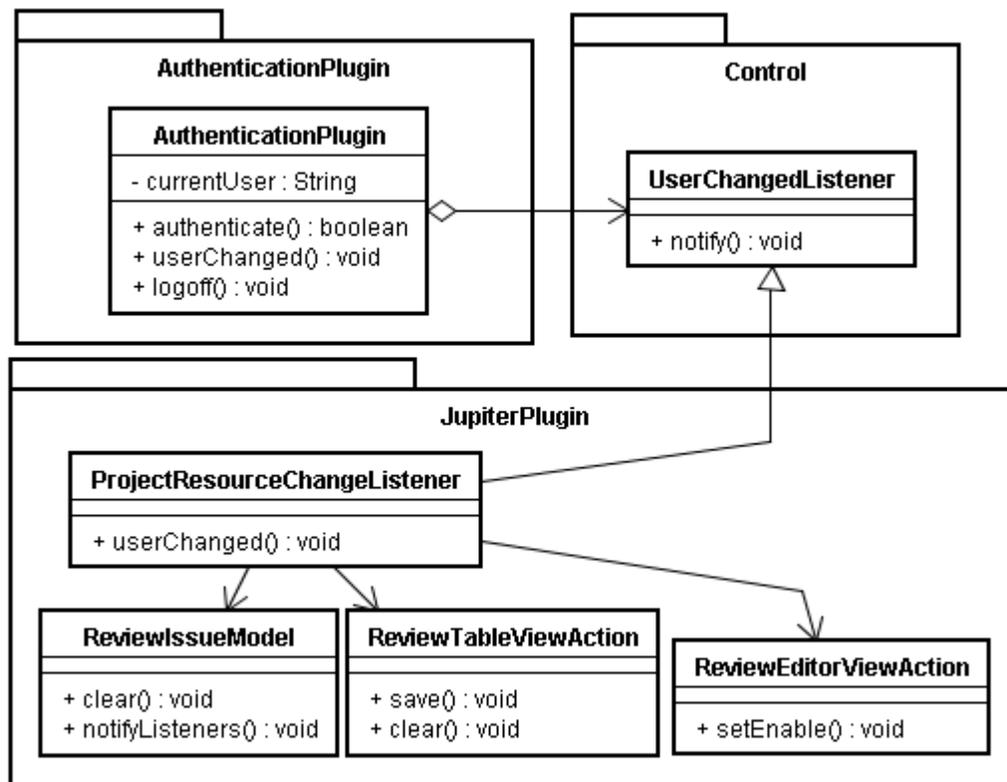
Figura 7.8 Diagrama de sequência da conciliação

Há, entretanto, uma questão. A estratégia concreta requer o mapa de equivalência e o mesmo mapa é cliente da estratégia para ser montado. Em outras palavras, o uso e a montagem do mapa são clientes da estratégia (respectivamente Reconciler e EquivalenceMap). O efeito colateral deste design é que fixamos uma interface, cujas implementações podem requerer conjuntos não coincidentes de atributos. Em outras palavras, podem requerer mais de uma chamada a método para providenciar os atributos necessários a cada estratégia concreta. Desta forma, há uma possível violação do princípio da segregação de interface (Martin [2002]), no qual clientes não devem ser forçados a depender de métodos (ou atributos) que eles não usam.

## 7.6 Componente AuthenticationPlugin (Generic Subdomain)

Autenticação e o controle de acesso são funções ausentes no plugin Jupiter. Suprimos estas funções com o componente AuthenticationPlugin, que por representar uma função genérica, realiza o padrão GENERIC SUBDOMAIN. Além do aspecto básico de identificar o usuário, foi necessário alterar o próprio código do plugin Jupiter para garantir a integridade de autoria. Apesar de propor-se ao suporte à colaboração, o plugin não suportava múltiplos autores e grupos segregados por sessão de revisão. Portanto, qualquer usuário poderia criar ou alterar de uma sessão de revisão, que implicava em escolher e em criar as pessoas que seriam revisoras.

Além disto, qualquer usuário poderia escolher qualquer revisão para trabalhar e alterar qualquer ocorrência. A solução foi intervir no código do plugin em dois pontos. Primeiro, criar o relacionamento entre as sessões de revisão e os usuários autenticados (e não apenas um nome lógico). Segundo, controlar o acesso dos participantes às revisões. Restringimos aos próprios autores a edição das ocorrências. Como consequência, viabilizamos também a inserção de mais de uma ocorrência em cada fase de revisão por autores diferentes. Todas estas sutilezas não eram possíveis no plugin original. A implementação destas soluções implicou fazermos o plugin Jupiter depender do componente AuthenticationPlugin (ver Figura 7.9).



**Figura 7.9 Integração do componente autenticação com o plugin Jupiter para garantir integridade de autoria**

Para garantir que o plugin Jupiter recebesse informação de autoria, fizemos o componente AuthenticationPlugin exportar dois pacotes: Model e Control. O pacote Model fornece os tipos para determinação de identidade dos usuários e suas permissões. O pacote Control fornece acesso ao serviço de autorização, tanto ativamente por meio de uma fachada (padrão Facade), como passivamente por meio de interfaces de eventos (padrão Observer). O acesso ativo foi utilizado para que o plugin Jupiter solicitasse configurações de usuários e de ocorrências (anotações). O acesso passivo foi utilizado para informar ao plugin Jupiter que o usuário corrente fez *logoff* e, portanto, seus recursos e ações deveriam ser indisponibilizados.

---

## 7.7 Conclusão do Capítulo

A seguir fazemos uma análise dos efeitos colaterais e das dificuldades encontradas.

### Densidade de Contexto

Seria desejável recuperar anotações apenas de determinados autores dentro de uma ocorrência? No cenário implementado, as anotações compõem um diálogo entre revisores e programadores, portanto, recuperar apenas parte das anotações acarreta em perda de significado. Por outro lado, como as ocorrências são independentes (não há relacionamento explícito entre elas), podemos recuperá-las por revisor. Deixar uma ocorrência ou autor de fora prejudica, mas não inviabiliza a revisão. Este antagonismo decorre do fato de que o lugar-de-anotação (ocorrência) define um contexto estrutural e, portanto, de alto acoplamento para as anotações. A sessão de revisão foi mapeada para um contexto conjuntural composto de colaboradores, documentos sob revisão e ocorrências. Portanto, o efeito colateral interessante é que ao mapearmos as entidades entre os domínios do cenário e das anotações, a densidade dos contextos determinará quais objetos são passíveis de composição e quais devem ser tratados como um conjunto indissociável. Isto afetará diretamente designs de funções de busca e de coleta de métricas.

### Opacidade do Framework

Ao utilizar o plugin Jupiter como parte do framework, tivemos dificuldade para escolher os métodos e interfaces de integração. Havia métodos com assinaturas parecidas (`getModel` versus `getCurrentModel`), que entretanto apresentavam comportamentos muito diferentes. Como é parte da integração estender interfaces, tivemos que executar longas sessões de depuração para comprovar os comportamentos esperados. Outra dificuldade foi tentar utilizar a estrutura de eventos já construída no plugin Jupiter para propagar eventos de alteração das revisões e ocorrências. Após alguma depuração, descobrimos que a estrutura estava parcialmente implementada e, portanto, tivemos que implementar chamadas diretas aos tratadores de eventos de interface (`ReviewEditorViewAction` e `ReviewTableViewAction`). Enfim, há uma incerteza de esforço e de qualidade ao reutilizar um framework de aplicação.

### Conflitos de Atualização do Mapa de Equivalência

Os conflitos acontecem quando tentamos atualizar o mapa com uma versão de documento que já está registrada no mapa. Como a atualização do mapa é feita após a recuperação e alteração do documento, uma mesma versão de documento pode já estar em alteração. Portanto, o mesmo conflito que aconteceria ao tentar dar “commit” do documento no controlador de versão, acontecerá ao tentar registrar o documento no mapa de equivalência. Não realizamos uma implementação para esta situação. Entretanto, sugerimos que seja feita de maneira sincronizada ao evento de conciliação que acontece durante o “commit” no versionador. Isto garantiria a consistência entre a versão de documento no repositório e a respectiva versão no mapa de equivalência.

---

## 8 Conclusões

### 8.1 Demonstração das Hipóteses

A primeira questão proposta nesta dissertação consistiu na necessidade de estabelecer o conjunto de requisitos considerados essenciais para um sistema de anotação. A hipótese recaiu sobre uma organização das anotações e sobre a relação de autonomia entre anotação e documento. A abordagem foi traçar um caminho de análise e design que isolasse arbitrariedades e subjetividades. Para tanto, identificamos e organizamos cenários de uso conhecidos em uma lógica de suporte à colaboração. Extraímos os requisitos de maneira objetiva ao utilizar a teoria de metáforas conceituais adaptada. Elaboramos um modelo conceitual e o validamos contra os sistemas atuais por meio de uma extensa classificação. Em seguida, estabelecemos a fronteira da aplicação aplicando critérios para separar características essenciais e acidentais. Este esforço extensivo de análise permitiu destilar um modelo que atende exclusivamente a problemas de anotar e de compartilhar anotações em documentos. Observamos duas vantagens desta abordagem. Primeira, por ser baseada em modelos, é generalizável para outros problemas semelhantes. Segunda, não requer testes com usuários, portanto, menor custo e menor subjetividade. Vemos também duas desvantagens. Primeira, buscar metáforas é uma tarefa custosa e de reuso limitado, pois as metáforas são descartadas ao final da análise. Segunda, como derivamos os critérios de seleção de essenciais de princípios de engenharia de software, aplicamos um método da indução, que não garante generalidade por si só. Novos contextos podem requerer uma revisão dos critérios.

A segunda questão proposta trata do desafio de garantir o reuso dos requisitos entre vários cenários de uso. A hipótese foi fundamentar a solução em metáforas e implementá-las em uma arquitetura com pontos de extensão, separando características essenciais e acidentais. Demonstramos esta hipótese de duas maneiras. Primeira, as metáforas permitiram associar cenários a requisitos, garantindo que os requisitos atendessem os primeiros. Segunda, a arquitetura proposta foi obtida por um método (modelo dirigido por domínio) que contempla um núcleo do domínio (essência) e funções complementares (acidentais).

A terceira questão proposta trata dos compromissos entre reuso e aderência aos cenários. Em outras palavras, atender a meta de reuso seria suficiente para atender aos cenários ou seria concorrente? Propusemos duas hipóteses para esta questão. Primeira, de que há um compromisso tecnológico de tipo de documento e respectiva ferramenta de visualização. Demonstramos este compromisso nos dois protótipos implementados. No caso do ambiente CALM ([Adriano et al. 1999]), o documento é uma página HTML e portanto, demandou a integração com um navegador. No caso do ambiente Eclipse, o documento é um arquivo de código fonte e, portanto, demandou a integração com a plataforma de programação. Em ambos pudemos reutilizar o conceito de lugar-de-anotação, mas precisamos de mecanismos específicos

---

de composição de documentos com anotações. A segunda hipótese é que há um compromisso arquitetural entre realizar a essência da aplicação e contemplar o suporte às características acidentais consideradas necessárias aos cenários. Na implementação com o ambiente Eclipse foi necessário adaptar e propor soluções associadas ao plugin Jupiter. O mapeamento necessário entre os conceitos do plugin e do nosso modelo teve como efeito manter clara a fronteira sistêmica. Além disto, como vimos nas implementações expostas no Capítulo-7, houve necessidades não previstas (acidentais). Por exemplo, a propagação de eventos, supostamente suportada pelo Jupiter, não estava completa, o que implicou um acoplamento maior com seus componentes. Outro ponto foi a necessidade de intervenções no plugin Jupiter para garantir a integridade de autoria. Concluímos que o modelo, se submetido a requisitos de integração, não resolve o reuso de código quanto a esforço (reaproveitamento de código). Porém, resolve o reuso de design, pois os componentes propostos na arquitetura forneceram uma maneira padronizada para realizar os requisitos, mesmo aqueles dependentes de uma plataforma externa. Tal reuso de design permitiu obter uma implementação consistente e íntegra em relação à arquitetura proposta.

## 8.2 Resumo das Contribuições

A seguir elencamos as contribuições de modo a oferecer uma avaliação qualitativa dos resultados.

Estabelecemos um panorama extensivo e analítico da tecnologia de anotação digital. Foram estudados 80 sistemas e descrevemos seis cenários de uso. Adicionalmente, estes cenários foram fundamentados numa ampla literatura científica nas áreas de tecnologia educacional e de interação homem-computador. Em outras palavras, os cenários não foram resultado de um exercício arbitrário e imaginativo. Além de descrito, o panorama foi sintetizado em uma visão de evolução de sistemas em ciclos e de cenários em espectros de colaboração e concorrência.

Elaboramos um modelo conceitual com etapas detalhadas que explicitam o racional utilizado. Tal rastreabilidade de decisões permitirá estender o modelo de maneira consistente.

Concebemos uma classificação de sistemas de anotação que validou o modelo antes de sua implementação. Além disto, a matriz de classes paradigmáticas e o grafo de decisão são guias objetivos para o projeto de novos sistemas de anotação digital.

Considerando os 80 sistemas classificados e o histórico de evolução por ciclos tecnológicos, oferecemos uma separação entre requisitos essenciais e acidentais que abre o caminho para modelos verdadeiramente reutilizáveis de anotação digital. Como a separação utilizou critérios objetivos e testáveis, será possível reaplicá-los a cada novo avanço tecnológico.

Implementamos o modelo em uma plataforma inovadora (Eclipse), com a qual obtivemos duas contribuições. Primeira, demonstramos que plataforma de plugins é viável para isolar os acidentes de integração de componentes. Segunda, demonstramos que o conceito de lugar-de-

---

anotação pode ser aplicado a uma área diferente das tradicionais web-hipertexto e edição colaborativa. Isto nos permite sugerir que o modelo de anotação digital proposto pode ser instanciado em outros ambientes de engenharia, como as ferramentas CASE (Computer Aided Software Engineering) e CAD (Computer Aided Design).

Adotamos padrões de análise de modelagem dirigida por domínio que se mostraram aderentes à separação entre essência e acidente. Para novas situações que demandem tal separação, o uso consistente destes padrões pode sugerir um novo estilo arquitetural – componente CORE como integrador conceitual das soluções de extensão e de integração.

Finalmente, adaptamos e aplicamos três métodos inovadores para análise dos resultados: as metáforas conceituais, as classes paradigmáticas de autonomia e heteronomia, e os critérios essenciais. Estes métodos foram detalhadamente fundamentados antes de sua aplicação e são contribuições que extrapolam o área de pesquisa em anotações digitais.

### **8.3 Propostas de Trabalhos Futuros**

Vislumbramos linhas de pesquisa em três direções. Uma linha seria mais quantitativa, pois aprofundaria o estudo das métricas e dos algoritmos de conciliação. Outra linha consistiria em estender o modelo para resolver problemas de rastreabilidade em projetos de software. A terceira linha aplicaria os métodos de metáforas conceituais, de classificação paradigmática e de critérios essenciais a outros objetos de estudo. A seguir descrevemos cada uma destas linhas sugeridas.

Na primeira linha de pesquisa, as métricas seriam investigadas quanto à correlação entre critérios de desempenho e de qualidade da colaboração. Para tanto, seria necessário desenvolver um modelo de domínio que comporte tais critérios e os associe às atividades de colaboração. Os algoritmos de conciliação seriam avaliados quanto à precisão e à exatidão dos resultados. Em ambos os casos, seria necessário adaptar o protótipo para coleta e visualização de indicadores.

Na segunda linha de pesquisa, precisaríamos conceber um novo cenário que envolva questões de rastreabilidade em projetos. O cenário teria fatores como distribuição das equipes, necessidades de integração com legados e uso de documentação pré-existente. Anotações serviriam para discutir e associar artefatos produzidos durante o projeto, tais como códigos, especificações, roteiros de teste e cronogramas. Além do novo cenário, seria necessária a integração com sistemas para versionamento distribuído, como as ferramentas Bazaar (<http://bazaar.canonical.com/en/>) e GIT (<http://git-scm.com/>). Outra extensão ao modelo seria experimentar alternativas de recuperação do contexto de colaboração de modo a atender a problemas de busca. Por exemplo, obter revisões tais que tenham ocorrências delegadas para um usuário, ou o usuário tenha determinado papel, ou a revisão tenha sofrido alguma alteração.

Na linha de aplicação de métodos, as metáforas conceituais seriam aplicadas a outros cenários colaborativos tais como buscadores de informação ou editores colaborativos. Os critérios de

---

seleção de essenciais suportariam a análise de outras famílias de tecnologia, tais como frameworks de aplicação. A classificação paradigmática baseada nas categorias de autonomia e heteronomia poderia ser aplicada a outros modelos distribuídos, tais como sistemas de agentes ou baseados em redes. A classificação também poderia ser utilizada como critério de seleção de essenciais.

---

# Apêndice

Tabela 0.1 Glossário para as fontes/origens de sistemas (conferências e periódicos)

<b>Acrônimo da Fonte</b>	<b>Nome Completo</b>
AMCIS	Americas Conference on Information Systems
AVI	International Working Conference on Advanced Visual Interfaces
CHI	ACM Conference on Human Factors in Computing Systems
CIKM	ACM Conference on Information and Knowledge Management
COLING	International Conference on Computational Linguistics
CSCL	International Conference of Computer-Supported Collaborative Learning
CSCW	ACM Conference on Computer Supported Collaborative Work
DEXA	International Workshop on Database and Expert Systems Applications
DL	ACM International Conference on Digital Libraries
DocEng	ACM Symposium on Document Engineering
EDMedia	World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications
EKAW	Knowledge Engineering and Knowledge Management
HICSS	em anais do Hawaii International Conference on System Sciences
HTL	Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics on Human Language Technology
Hypertext	ACM Conference on Hypertext and Hypermedia
ICALT	IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies
ICCE	International Conference on Computers in Education
ICCS	International Conference on Conceptual Structures
IJCHS	International Journal of Human-Computer Studies
ISM	IEEE International Symposium on Multimedia
ISWC	International Semantic Web Conference
ITiCSE	Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education
ITVE	Workshop for Information Technology for Virtual Enterprises
IUI	International conference on intelligent user interfaces
KCAP	International Conference on Knowledge Capture
LAWEB	Latin American Conference on Human-computer Interaction
MM	IEEE Multimedia Conference
Trecvid	Text Retrieval Conference Video Retrieval Evaluation
UIST	Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology
WWW	World Wide Web Conference

Tabela 0.2 Classificação de sistemas (origem, quadrantes e tipos de lugar-de-anotação)

Sistemas	Referências	Ano	Fonte	Quadrantes				Lugares-de-anotação				
				NhDh	NaDh	NhDa	NaDa	Post-It	Âncora/ Link	In-place	Projeção	Bloco de Notas
HyperCard	[Apple 1987]	1987	Produto			X			X			X
Notecards	[Halasz 1988]	1987	Hypertext			X			X			X
Quilt	[Leland, Fish & Kraut 1988]	1988	CSCW			X						X
InterNote	[Catlin, Bush & Yankelovich 1989]	1989	Hypertext			X			X			
Aquanet	[Marshall et al. 1991]	1991	Hypertext			X						X
SEPIA	[Haaken & Wilson 1992]	1992	Hypertext			X						X
Deckview	[Ginsburg, Marks & Shieber 1993]	1993	UIST			X			X			
KnowledgeWeasel	[Lawton & Smith 1993]	1993	Hypertext		X				X			
Filochat	[Whittaker, Hyland & Wiley 1994]	1994	CHI			X				X		X
GPA	[Laliberte & Braverman 1995]	1995	WWW		X				X			
CoNote	[Davis & Huttenlocher 1995]	1995	CACL		X				X			
Commentor	[Roescheisen, Mogensen & Winograd 1995]	1995	CHI		X				X			
BSCW	[Bentley et al. 1995]	1995	CSCW	X					X			
GroupWeb	[Greenberg & Roseman 1996]	1996	CHI		X				X			
Panbrowser	[Schickler, Mazer & Brooks 1996]	1996	WWW		X				X			
W4	[Gianoutsos 1996]	1996	CHI		X				X			
iClass	[Abowd et al. 1996]	1996	MM	X						X		X
WebKB	[Martin 1997]	1997	ICCS	X					X			
Web4Groups	[Scheidl, Bockle & Schmutzer 1997]	1997	DEXA	X					X			
Multivalent	[Phelps & Wilensky 1997]	1997	DL				X		X		X	
Dynomite	[Wilcox, Schilit & Sawhney 1997]	1997	CHI			X			X	X		X
Prep	[Wojahn, Neuwirth & Bullock 1998]	1998	CHI			X						X
iMarkup	www.imarkup.com	1998	Produto		X			X	X	X		
Inote	www.iath.virginia.edu/inote	1998	Produto			X			X		X	
Notable	[Baldonado et al. 1999]	1999	CHI			X			X	X		
VirtualNotes	[Schulz, Koch & Schneider 1999]	1999	AMCIS		X			X			X	
Ka	[Erdmann et al. 2000]	2000	COLING		X				X			
AnnotTool	[Adriano et al. 2000]	2000	EDMedia		X			X	X			
WebDiscussion	[Cadiz, Gupta & Grudin 2000]	2000	CSCW		X				X			
Amaya-Annotea	[Kahan, Koivunen & Hommeaux 2001]	2001	Produto		X				X			
A4SM	[Nack & Putz 2001]	2001	MM			X			X			
Y-Notes	[Luz 2001]	2001	Hypertext		X				X			
SMAT	[Steves, Ranganathan & Morse 2001]	2001	HICSS		X							X
Wispa	[Sannomiya et al. 2001]	2001	ITVE		X				X			
Melita	[Ciravegna et al. 2002]	2002	EKAW			X			X			
WebCobalt	[Mitsuhara et al. 2002]	2002	ICCE		X				X			
SpacePen	[Jung, Gross & Yi-Luen 2002]	2002	IUI			X		X		X		
WebAnn/CAF	[Brush 2002]	2002	CHI		X				X			X

Tabela-0.2 (continuação)

Sistemas	Referências	Ano	Fonte	Quadrantes				Lugares-de-anotação				Bloco de Notas
				NhDh	NaDh	NhDa	NaDa	Post-It	Âncora/ Link	In-place	Projeção	
AnchorConversation	[Churchill et al. 2002]	2002	CHI				X		X			
Fluid	[Bouvin et al. 2002]	2002	WWW			X			X			
XLibris	[Golovchinsky & Denoue 2002]	2002	UIST				X			X		
Evol	[Hori, Abe & Ono 2003]	2003	CHI				X				X	
Ambulant	[Bulterman 2003]	2003	DocEng		X							X
WordFreak	[Morton & LaCivita 2003]	2003	HLT			X				X		
Callisto	[Bargeron & Moscovich 2003]	2003	CHI			X				X		
Vannotea	[Schroeter, Hunter & Kosovic 2003]	2003	KCAP		X				X			
UCAT	[Botoni, Levaldi & Rizzo 2003]	2003	DNIS			X			X			
Paper++	[Decurtins, Norrie & Signer 2003]	2003	CIKM			X					X	
Layer	[Cross, Baber & Woolley 2003]	2003	ISWC			X				X		
Del.icio.us	www.delicious.com	2003	Produto		X					X		
Swog	[Weng & Gennari 2004]	2004	CSCW		X			X				
VideoAnnEx	[Lin, Tseng & Smith 2003]	2004	Trecvid			X			X			
ESP	[Ahn & Dabbish 2004]	2004	CHI	X								X
Hats	[Kim, Slater & Whitehead 2004]	2004	HT		X				X			
Madcow	[Bottoni et al. 2004]	2004	AVI			X			X			
MemoryNet	[Rajani & Vorbau 2004]	2004	CHI	X					X			
Sholion	[Fürlinger, Auinger, Stary 2004]	2004	ICALT		X						X	
eBook	[Wang & Chen 2004]	2004	ITICSE			X			X			
Crayon	[Olsen, Tauffer & Fails 2004]	2004	UIST			X				X		
DigitalGraffiti	[Carter et al. 2004]	2004	CHI		X					X		
Hlyghter	[Lebow & Lick 2005]	2005	Produto			X			X			
M-OntoMat- Annotatizer	[Bloehdorn et al. 2005]	2005	Produto	X					X			
Annozilla-Annotea	annozilla.mozdev.org	2005	Produto		X				X			
IBM-EVA	[Volkmer, Smith & Natsev 2005]	2005	Produto		X				X			
Cronos	[Sánchez et al. 2005]	2005	LAWEB		X				X			X
3D-Book	[Hong, Chi & Card 2005]	2005	CHI			X				X		X
uAnnotate	[Chatti et al. 2006]	2006	ICALT		X					X	X	
AWS	[Lauer & Busl 2006]	2006	ISM		X			X	X			
Stikis	www.stikis.com	2006	Produto		X					X		
Acrobat	www.adobe.com	2007	Produto			X		X	X	X		
MSWord	office.microsoft.com	2007	Produto			X		X	X	X		
OneNote	office.microsoft.com	2007	Produto			X		X	X	X	X	
GoogleDocs	docs.google.com/	2008	Produto	X						X		
A.nnotate	a.nnotate.com	2008	Produto	X						X		
MovieTool	www.ricoh.com	2008	Produto			X						X
Reframeit	www.reframeit.com	2008	Produto	X								X
Webnotes	www.webnotes.net	2008	Produto	X				X				
LayerPad	www.layerpad.com	2009	Produto	X							X	
Crocodoc	crocodoc.com	2010	Produto	X						X		
Blerp	www.blerp.com	2010	Produto	X								X

Tabela 0.3: Classificação de sistemas quanto às funcionalidades suportadas

Sistemas	Funcionalidades											
	Versionamento	Posicionamento	Renderização	Permite Escolha do ponto de Anotação	Permite incorporar Anotação ao Documento-base	Motivo de Anotação	Notificação de Mudança	On-line Awareness / Merging	Controle de Acesso	Mídia	Busca	Operação Desconectada
HyperCard				X								
Notecards				X								
Quilt				X								
InterNote				X								
Aquanet	X			X								
SEPIA						X		X				
Deckview											X	
KnowledgeWeasel			X			X						
Filochat						X						
GPA			X	X	X							
CoNote		X		X	X				X			X
Commentor							X				X	
BSCW		X					X	X			X	X
GroupWeb								X	X			
Panbrowser						X	X	X	X			
W4						X						
iClass		X						X	X			
WebKB									X		X	
Web4Groups			X			X						
Multivalent						X			X			
Dynomite						X			X	X		X
Prep				X		X					X	
iMarkup				X							X	
Inote						X						
Notable		X	X	X								
VirtualNotes			X	X							X	
Ka			X									
AnnotTool											X	
WebDiscussion		X	X	X		X		X			X	
Amaya-Annotea			X	X								
A4SM						X						
Y-Notes						X					X	
SMAT				X				X	X		X	
Wispa				X				X	X		X	
Melita				X		X						
WebCobalt										X		
SpacePen				X				X	X		X	
WebAnn/CAF			X	X		X		X	X		X	

Tabela-0.3(continuação)

Sistemas	Funcionalidades											
	Versionamento	Posicionamento	Renderização	Permite Escolha do ponto de Anotação	Permite incorporar Anotação ao Documento-base	Motivo de Anotação	Notificação de Mudança	On-line Awareness / Merging	Controle de Acesso	Mídia	Busca	Operação Desconectada
AnchorConversation						X			X		X	
Fluid				X		X			X		X	
XLibris						X					X	
Evol						X					X	
Ambulant				X								
WordFreak				X			X		X			
Callisto									X		X	
Vannotea									X		X	
UCAT								X	X		X	
Paper++						X					X	
Layer				X		X						
Del.icio.us				X		X				X	X	
Swog				X		X						
VideoAnnEx				X					X	X	X	
ESP				X	X	X				X		
Hats												
Madcow												
MemoryNet			X			X						
Sholion				X	X	X				X	X	
eBook						X		X	X		X	
Crayon				X		X					X	
DigitalGraffiti									X		X	
Highlighter						X			X		X	
M-OntoMat-Annotatizer							X	X	X		X	
Annozilla-Annotea						X					X	
IBM-EVA				X								
Cronos				X		X		X	X			
3D-Book				X	X	X					X	
uAnnotate		X		X	X							
AWS											X	
Stikis												
Acrobat				X		X						
MSWord			X	X					X		X	
OneNote			X	X					X		X	
GoogleDocs			X	X					X		X	
A.nnotate			X	X					X		X	
MovieTool			X	X					X		X	
Reframeit							X					
Webnotes		X		X								
LayerPad				X								
Crocodoc			X	X			X		X		X	
Blerp				X					X		X	

Tabela 0.4: Classificação de sistemas quanto ao tipo de persistência.

Sistemas	Tipos de Objetos-base					Tipo de Persistência			
	3D	Hipertexto	Documento Proprietário	Vídeo	Imagem	Junto com Objeto-base	Independ. do Objeto-base	Banco de Dados	Arquivo
HyperCard			X			X			X
Notecards			X			X			X
Quilt			X			X			X
InterNote			X			X			X
Aquanet			X			X			X
SEPIA	X	X					X	X	
Deckview			X				X	X	
KnowledgeWeasel		X					X		X
Filochat		X					X	X	
GPA	X					X			X
CoNote		X					X	X	
Commentor		X					X	X	
BSCW			X				X	X	
GroupWeb		X					X		X
Panbrowser		X					X	X	
W4			X			X			X
iClass		X					X		X
WebKB		X					X		X
Web4Groups					X		X		X
Multivalent		X					X	X	
Dynomite		X					X	X	
Prep			X	X		X			X
iMarkup			X				X		X
Inote			X			X			X
Notable		X					X		X
VirtualNotes			X			X			X
Ka					X		X	X	
AnnotTool				X	X		X	X	
WebDiscussion		X					X		X
Amaya-Annotea	X					X			X
A4SM			X			X			X
Y-Notes					X		X		X
SMAT		X					X		X
Wispa		X					X		X
Melita				X			X		X
WebCobalt			X			X			X
SpacePen				X			X		X
WebAnn/CAF		X					X		X

Tabela 0.4 (continuação)

Sistemas	Tipos de Objetos-base					Tipo de Persistência			
	3D	Hipertexto	Documento Proprietário	Video	Imagem	Junto com Objeto-base	Independ. do Objeto-base	Banco de Dados	Arquivo
AnchorConversation				X			X		X
Fluid				X			X		X
XLibris					X		X	X	
Evol				X			X		X
Ambulant					X		X		X
WordFreak		X					X		X
Callisto		X					X		X
Vannotea		X					X		X
UCAT			X			X			X
Paper++		X					X	X	
Layer					X	X			X
Del.icio.us		X					X		X
Swog		X					X		X
VideoAnnEx					X		X		X
ESP			X			X			X
Hats					X		X		X
Madcow									
MemoryNet						X			X
Sholion			X				X		X
eBook		X					X	X	
Crayon		X					X	X	
DigitalGraffiti					X		X		X
Hylighter		X					X	X	
M-OntoMat- Annotatizer		X					X		X
Annozilla-Annotea		X					X		X
IBM-EVA		X					X		X
Cronos		X					X	X	
3D-Book					X	X			X
uAnnotate		X					X		X
AWS					X	X			X
Stikis		X				X			X
Acrobat			X			X			X
MSWord			X				X		X
OneNote			X				X		X
GoogleDocs						X			X
A.nnotate									
MovieTool		X		X	X		X	X	
Reframeit		X					X	X	
Webnotes		X					X	X	
LayerPad		X					X	X	
Crocodoc			X				X	X	
Blerp		X					X	X	

---

# Referências Bibliográficas

[**Abowd et al. 1996**] Abowd, G., D., Atkeson, C., G., Feinstein, A., Hmelo, C., Kooper, R., Long, S., Sawhney, N., N., Tani, M., "Teaching and Learning as Multimedia Authoring: The Classroom 2000 Project", *em anais do IEEE Multimedia Conference – MM'96*, 1996

[**Adler et al. 1998**] Adler, A., Gujar, A., Harrison, B., L., O'Hara, K., Sellen, A., "A Diary Study of Work-Related Reading: Design Implications for Digital Reading Devices", *em anais do ACM CHI'98*, pp.241-248, 1998

[**Adriano et al. 2000**] Adriano, C., M., Barbosa, A., R., Ricarte, I., L., M., Magalhães, L. P., "Changing Interaction Paradigms in Annotation Environments", *no anais do World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications - EDMEDIA*, 2000

[**Adriano et al. 1999**] Adriano, C., M., Delgado, A., L., N., Silveira, L., G., Bosnardo, R., C., Ricarte, I., L., M., Magalhães, L., P., "Inquiring the Course Paradigm with CALM", *em anais do First International Conference on Engineering and Computer Education, CDROM*, 1999

[**Ahn & Dabbish 2004**] Ahn, L., Dabbish, L., "Labeling images with a computer game", *em Anais da Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI'04*, pp.319–326, 2004

[**Apple 1987**] Apple Computer, Inc. Hypercard User Guide, Cupertino, California, 1987

[**Arko 2006**] Arko, R., Ginger, K., Kastens, K., Weatherley, J., "Using Annotations to Add Value to a Digital Library for Education", *em D-Lib Magazine*, v.12(5), pp.1-13, 2006

[**Armel & Shrock 1996**] Armel, D., Shrock, S.A., "The Effects of Required and Optional Computer-Based Note Taking on Achievement and Instructional Completion Time", *em Journal of Educational Computing Research*, v.14(4), 329-344, 1996

[**Baldonado et al. 1999**] Baldonado, M., Cousins, S., Lee, B., Paepcke, A., "Notable: An Annotation System for Networked Handheld Devices", *em anais do ACM Conference on Computer-Human Interaction - CHI'99*, 1999

[**Bargerón & Moscovich 2003**] Bargerón, D., Moscovich, T., "Reflowing Digital Ink Annotation", *em CHI Letters*, pp.385-392, CHI'03, 2003

---

**[Barr et al. 2005]** Barr, P., Khaled, R., Noble, J., Biddle, R., "A Taxonomic Analysis of User Interface Metaphors in the Microsoft Office Project Gallery", *em anais de Conferences in Research and Practice in Information Technology*, v.40, 2005

**[Bentley et al. 1995]** Bentley, R., Horstmann, T., Sikkell, K., and Trevor, J., "Supporting collaborative Information sharing with the World-Wide Web: The BSCW Shared Workspace system.", *em anais do 4th International WWW*, pp. 63-74,1995

**[Black & William 1998]** Black, P., & William, D., "Inside the black box: Raising standards through classroom assessment", *em Phi Delta Kappan*, v.80 (2), pp.139-149, 1998

**[Bloehdorn et al. 2005]** Bloehdorn, S., Petridis, K., Saathoff, C., Simou, N., Tzouaras, V., Avrithis, Y., Hardschuh, S., Kompatsiaris, Y., Staab, S., Strintzis, M.,G. "Semantic Annotation of Images and Videos for Multimedia Analysis", *em anais do 2nd European Semantic Web Conference – ESWC'05*, 2005

**[Bottoni et al. 2004]** Bottoni, P., Civica, R., Levialdi, S., Orso, L., Panizzi, E., Trinchesi, R., "MADCOW: a Multimedia Digital Annotation System", *em anais do ACM AVI'04*, 2004

**[Botoni, Levialdi & Rizzo 2003]** Botoni, P., Levialdi, S., Rizzo, P., "Analysis and Case Study of Digital Annotation", *em Lecture Notes in Computer Science*, v.2822, pp.216-231, 2003

**[Bourque et al. 2002]** Bourque, P., Dupuis, R., Abran, A., Moore, J.W., Tripp, L., Wolff, S., "Fundamentals Principles of Software Engineering – a Journey", *em The Journal of Systems and Software*, v.62, pp.59-70, 2002

**[Bouvin et al. 2002]** Bouvin, N., O., Zellweger, P., T., Grønbaek, K., Mackinlay, J., D., "Fluid Annotations Through Open Hypermedia: Using and Extending Emerging Web Standards", *em anais do WWW'02*, 2002

**[Boyd 1993]** Boyd, R., "Metaphor and theory change: What is 'metaphor' a metaphor for?", pp.481-531, *em Metaphor and Thought*, editor Andrew Ortony, 2a edição, 1993

**[Brahier 2006]** Brahier, B., "Teachers' uses of students' digital annotations: Implications for the formative assessment of reading comprehension", *em Relatório Interno da University of Minnesota Center for Reading Research*, 2006 <http://cehd.umn.edu/reading/reports.html> (acessado em 29/janeiro/2008)

**[Brooks 1986]** Brooks, F., "No Silver Bullet – Essence and Accident", *em anais do IFIP 10th World Computing Conference*, pp.1069-1076, 1986

**[Brown, McCormick & Thomas 2000]** Brown, W., McCormick III, H., Thomas, S., "AntiPatterns in Project Management", editora John Wiley & Sons, 2000

- 
- [Brush 2002]** Brush, A., "Annotation Digital Documents: Anchoring, Educational Use, and Notification", *em anais do Human Factors in Computing Systems – CHI'02*, 2002
- [Brush et al. 2000]** Brush, A., Barger, D., Gupta, A., Cadiz, J., Robust Annotation Positioning in Digital Documents, *em relatório técnico Microsoft – MSR-TR-2000-95*, 2000
- [Brust & Rothkugel 2007]** Brust, M., R., Rothkugel, S., "On Anomalies in Annotation Systems", *em anais do AICT*, 2007
- [Bulterman 2003]** Bulterman, D., "Using SMIL to Encode Interactive, Peer-Level Multimedia Annotations", *em anais da ACM Conference on Document Engineering - DocEng'03*, pp.32-41, 2003
- [Cadiz, Gupta & Grudin 2000]** Cadiz, J., Gupta, A., Grudin, J., "Using Web Annotations for Asynchronous Collaboration around Documents", *em anais do ACM Conference on Computer Supported Collaborative Work - CSCW'00*, 2000
- [Campbell 2002]** Campbell, D., G., "The Use of the Dublin Core in Web Annotation Programs", *em anais do International Conference on Dublin Core and Metadata for e-Communities*, pp.105-11, 2002
- [Carter & van Matre 1975]** Carter, J., van Matre, N., "Note Taking versus Note Having", *em Journal of Educational Psychology*, v. 67(6), pp.900-904, 1975
- [Carter et al. 2004]** Carter, S., Churchill, E., Denoue, L., Helfman, J., Nelson, L., "Digital Graffiti: Public Annotation of Multimedia Content", *em anais do ACM Conference on Computer-Human Interaction - CHI'04*, 2004
- [Catlin, Bush & Yankelovich 1989]** Catlin T., Bush, P., Yankelovich, N., "InterNote: Extending a Hypermedia Framework to Support Annotative Collaboration", *em anais do ACM Hypertext'89*, 1989
- [Chatti et al. 2006]** Chatti, M., Sodhi, T., Specht, M., Klammer R., Klemke, R., "u-Annotate: An Application for User-Driven Freeform Digital Ink Annotation of E-Learning Content", *em anais do Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies - ICALT'06*, pp.1039-1043, 2006
- [Churchill et al. 2002]** Churchill, E.,F., Trevor, J., Bly, S., Nelson, L., Cubranid, D., "Anchored Conversations: Chatting in the Context of Document", *em anais do ACM Conference on Computer-Human Interaction - CHI'02*, 2002
- [Ciravegna et al. 2002]** Ciravegna, F., Dingli, A., Petrelli, D., Wilks, Y., "User-System Cooperation in Document Annotation based on Information Extraction", *em anais da 13th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management -EKAW'02*, pp.1-4, 2002

---

**[Cowie & Bell 1999]** Cowie, B., Bell, B., "A model of formative assessment in science education", em *Assessment in Education*, v.6, pp.101-116, 1999

**[Crawford 1925]** Crawford C., "Some Experimental Studies of College Note-Taking", em *Journal of Educational Research*, v.12, pp.379-386, 1925

**[Crooks 2001]** Crooks, T., "The Validity of Formative Assessments", em *anais do British Educational Research Association Annual Conference*, 2001

**[Cross, Baber & Woolley 2003]** Cross, J., Baber C., Woolley, S., I., "Layered Annotations of Digital Images for Data Collection in the Field", em *anais 7th IEEE International Symposium on Wearable Computers - ISWC'03*, 2003

**[Davis & Huttenlocher 1995]** Davis, J., Huttenlocher, D., "Shared Annotation for Cooperative Learning", disponível em <http://dri.corell.edu/pub/davis/annotation.html> (acessado em 13 de fevereiro de 2008)

**[Davis et al. 1999]** Brotherton, D., Landay, J., Morgan N., Price, M., Schilit, B., "NotePals: Lightweight Note Taking by the Group, for the Group", em *anais do Human Factors in Computing Systems - CHI '99*, pp.338-345, 1999

**[de Certeau 1998]** de Certeau, M., "A Invenção do Cotidiano", editora UNESP, 1ª Edição, 1998

**[Decurtins, Norrie & Signer 2003]** Decurtins, C., Norrie, M.C., Signer, B., "Digital Annotation of Printed Documents", em *anais do ACM CIKM'03*, 2003

**[Dunnell 2006]** Dunnell, R., C., "Classificação em Arqueologia", editora Edusp, 2006 (primeira publicação em inglês em 1971)

**[Evans 2004]** Evans, E., "Domain-Drive Design – Tackling Complexity in the Heart of Software", editora Addison Wesley, 2004

**[Erdmann et al. 2000]** Erdmann, M., Maedche, A., Schnurr, H.,P., Staab, S., "From Manual to Semi-automatic Semantic Annotation: About Ontology-based Text Annotation Tools", em *anais do Workshop on Semantic Annotation and Intelligent Content – COLING'00*, 2000

**[Fogli, Fresta & Mussio 2004]** Fogli, D., Fresta, G., Mussio, P., "On Electronic Annotation and Its Implementation", em *anais do AVI '04*, pp.98-102, 2004

**[Fowler 1997]** Fowler, M., "Analysis Patterns: Reusable Object Models", editora Addison Wesley, 1997

---

**[Franke et al. 2004]** Franke, K., Shomaker, L., Guyon, I., Vuurpijl, L., "The WANDAML markup language for digital document annotation", *em anais do 9th Int'l Workshop on Frontiers in Handwriting Recognition - IWFHR-9*, pp.563-568, 2004

**[Furlinger, Auinger & Stary 2004]** Furlinger, S., Auinger, A., Stary, C., "Interactive Annotations in Web-based Learning Systems", *em anais do International Conference on Advanced Learning Technologies - ICALT'04*, pp.360-364, 2004

**[Gamma et al. 1995]** Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., Vlissides, J. "Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software", editora Addison Wesley, 1995

**[Gerber, Hyland & Hunter 2010]** Gerber, A., Hyland, A., Hunter J., "A Collaborative Scholarly Annotation System for Dynamic Web Documents - a Literary Case Study", *em anais International Conference on Asian Digital Libraries (ICADL)*, 2010

**[Gianoutsos 1996]** Gianoutsos, S., "W4: A World Wide Web Browser with CSCW support", *em anais do 6th Australian Conference on Computer-Human Interaction - OZCHI'96*, pp.334-335, 1996

**[Golovchinsky & Denoue 2002]** Golovchinsky, G., Denoue L., "Moving Markup: Repositioning Freeform Annotations", *em anais do ACM Symposium on User Interface Software and Technology - UIST'02*, 2002

**[Grady & Johnson 1997]** Grady, J., Johnson, C., "Converging evidence for the notion of subscene and primary scene", *em anais do 23o Annual Meeting of the Berkeley Linguistics Society*, pp.123-136, 1997

**[Ginsburg, Marks & Shieber 1993]** Ginsburg, A., Marks, J., Shieber, S., "A Viewer for PostScript Documents", *em anais do 9th annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology - UIST'93*, 1993

**[Greenberg & Roseman 1996]** Greenberg, S., Roseman, M., "GroupWeb: A WWW Browser as Real Time Groupware", *em anais do Conference on Human Factors in Computing System - CHI'96*, pp. 271-272, 1996

**[Gruber 1993]** Gruber, T., "A translation approach to portable ontology specifications", *em Knowledge Acquisition*, v.5 (2), pp. 199-220, 1993

**[Haake & Wilson 1992]** Haake, J., Wilson, B., "Supporting Collaborative Writing of Hyperdocuments in SEPIA", *em anais do CSCW'92*, pp.138-146, 1992

**[Hadwin, Gress & Page 2006]** Hadwin, A., Gress, C., Page, J., "Toward Standards for Reporting Research: A review of the literature on Computer-Supported Collaborative Learning", *em anais do International Conference on Advanced Learning Technologies - ICALT'06*, 2006

---

**[Halasz 1988]** Halasz, F., "Reflections on NoteCards: Seven Issues for the Next Generation of Hypermedia Systems", *em Communications of the ACM*, v.31(7), pp.836-852, 1988

**[Harrison & Dourish 1996]** Harrison, S., Dourish, P., "Re-Place-ing Space: The Roles of Place and Space in Collaborative Systems", *em anais do CSCW'96*, pp.67-76, 1996

**[Heflin & Hendler 2001]** J. Heflin, J. Hendler, "A Portrait of the Semantic Web in Action", *em IEEE Intelligent Systems*, v.16 (2), pp.54-59, 2001

**[Hermann & Kienle 2002]** Herrmann, T., Kienle, A., "Context-oriented communication support in a collaborative learning environment", *em Anais do SECIII*, p.251-260, 2002

**[Hong, Chi & Card 2005]** Hong, L., Chi, E., H., Card, S., K., "Annotating 3D Electronic Books", *em anais do ACM Conference on Computer-Human Interaction - CHI'05*, Oregon, EUA, pp.1463-1466, 2005

**[Hori, Abe & Ono 2003]** Hori, M., Abe, M., Ono, K., "Robustness of External Annotation for WebPage Clipping: Empirical Evaluation with Evolving RealLife Web Documents", *em anais do 2nd International Conference on Knowledge Capture (K-CAP 2003), Knowledge Markup and Semantic Annotation Workshop Notes*, pp.65-72, 2003

**[Jackson 1991]** Jackson, B., "Cooperative Learning: A Case Study of University Course in System Analysis", *em Educational Technology and Training International*, v.31 (3), pp.16-179, 1991

**[Jung, Gross & Yi-Luen 2002]** Jung, T., Gross, M.,D., Yi-Luen D., E., "Annotating and Sketching on 3D Web Models", *em anais do ACM IUI'02*, 2002

**[Kahan, Koivunen & Hommeaux 2001]** Kahan, J., Koivunen, M., Prud'Hommeaux, E., Swick, R., "Annotea: An Open RDF Infrastructure for Shared Web Annotations", *em anais do WWW'10*, pp.623-632, 2001

**[Kaplan & Chisik 2005]** Kaplan, N., Chisik, Y., "In the Company of Readers: The Digital Library Book as 'Practiced Place' ", *em anais 5th ACM/IEEE-CS joint conference on Digital Libraries*, pp.235-243, 2005

**[Kiewra 1985]** Kiewra, K., "Investigating Note Taking and Review: A Depth of Processing Alternative", *em Educational Psychologist*, v. 20(1), pp.23-32, 1985

**[Kiewra et al. 1988]** Kiewra, K., DuBois, N., Christian, D., MacShane, A., "Providing Study Notes: Comparison of Three Types of Notes for Review", *em Journal of Educational Psychology*, v.80(4), pp.595-597, 1988

- 
- [Kiewra et al. 1991]** Kiewra, K., DuBois, N., Christian, D., MacShane, A., Meyerhoffer, M., Roskelley, D., "Note-Taking Functions and Techniques", *em Journal of Educational Psychology*, v.83(2), pp.240-245, 1991
- [Kim, Slater & Whitehead 2004]** Kim, S., Slater, M., Whitehead, E. J. Jr., "WebDAV-based Hypertext Annotation and Trail System", *em anais do ACM HT'04*, 2004
- [LaLiberte & Braverman 1995]** LaLiberte, D., Braverman, A., "A Protocol for Scalable Group and Public Annotations", *em anais do WWW'9*, 1995
- [Ladas 1980]** Ladas, H., "Note Taking on Lectures: An Information-Processing Approach", *em Educational Psychologist*, v.15(1), pp.44-53, 1980
- [Lakoff & Johnson 1980]** Lakoff, G., Johnson, M., "Metaphors we live by", University of Chicago Press, 1980
- [Lakoff 1993]** Lakoff, G., "Contemporary theory of metaphor", pp.202-251, *em Metaphor and Thought*, editor Andrew Ortony, 2a edição, 1993
- [Lauer & Busl 2006]** Lauer, T., Busl, S., "Supporting Speech as Modality for Annotation and Asynchronous Discussion of Recorded Lectures", *em anais do 8th. IEEE International Symposium on Multimedia - ISM'06*, 2006
- [Lawton & Smith 1993]** Lawton, D., Smith, I., "The Knowledge Weasel Hypermedia Annotation System", *em anais do Hypertext'93*, pp.106-117, 1993
- [Lebow & Lick 2005]** Lebow, D., Lick, D., W., "HyLighter: An Effective Interactive Annotation Innovation for Distance Education", *em anais da 20th Annual Conference on Distance Learning Teaching and Learning*, 2005  
[www.uwex.edu/disted/conference/Resource\\_library/proceedings/04\\_1344.pdf](http://www.uwex.edu/disted/conference/Resource_library/proceedings/04_1344.pdf)
- [Leland, Fish & Kraut 1988]** Leland, M., Fish, R., Kraut, R., "Collaborative Document Production Using Quilt", *em anais do CSCW'88*, 1988
- [Lima 1999]** Lima, P., "Desejar é ter Fome – Novas Idéias sobre Antigas Metáforas Conceituais", Tese de Doutorado, Instituto de Estudos de Linguagem, Biblioteca Central Unicamp, 1999
- [Lin, Tseng & Smith 2003]** C.-Y. Lin, B. L. Tseng, J. R. Smith, "Video collaborative annotation forum: Establishing ground-truth labels on large multimedia datasets", *em anais do Workshop Notebook Papers – TRECVID'03*, 2003  
<http://www.research.ibm.com/VideoAnnEx/> (acesso em novembro de 2010)
- [Luz 2001]** Luz, S., "Y-notes: Unobtrusive Devices for Hypermedia Annotation", *em*

---

*anais do HT'01*, pp.31-32 Sistema também disponível em <http://y-notes.sourceforge.net/> (acesso em novembro de 2010)

**[Marshall 1997]** Marshall, C., "Annotation: From Paper Books to the Digital Library", *em anais do ACM International Conference on Digital Libraries - DL 97*, 1997

**[Marshall 1998]** Marshall, C., "Toward an Ecology of Hypertext Annotation", *em anais do ACM Conference on Hypertext and Hypermedia - Hypertext 98*, 1998

**[Marshall et al. 1991]** Marshall, C. , Halasz, F., Rogers R., Janssen, W., "Aquanet: a hypertext tool to hold your knowledge in place", *em anais do Hypertext '91*, pp.5-18, 1991

**[Martin 1997]** Martin, P., "The WebKB set of tools: a common scheme for shared WWW Annotations, shared knowledge bases and information retrieval", *em anais do 5th International Conference on Conceptual Structures – ICCS'97, LNAI*, v.1257, pp.585-588, 1997

**[Martin 2002]** Martin, R., "Agile Software Development, Principles, Patterns, and Practices", editora Prentice Hall, 2002

**[Mayer 1984]** Mayer, R., "Aids to Text Comprehension", *em Educational Psychologist*, v.19 (1), pp.30-42, 1984

**[McDowell et al. 2003]** McDowell, L. , Etzioni, O. , Gribble, S. , Halevy, A. , Levy, H. , Pentney, W., Verma, D. , Vlasseva, S. , "Enticing Ordinary People onto the Semantic Web via Instant Gratification", *em anais do 2nd International Semantic Web Conference – ISWC 2003*, 2003

**[Miettinen et al. 2003]** Miettinen, M., Nokelainen, P., Floréen, P., Tirri, H., Kurhila, J., "EDUCOSM - Personalized Writable Web for Learning Communities", *em anais do IEEE International Conference on Information Technology: Computers and Communications - ITCC'03*, pp.37-42, 2003

**[Mitsuhara et al. 2002]** Mitsuhara, H., Ochi, Y., Kanenishi, K., Yano, Y., "A Web Retrieval Support System with a Comment Sharing Environment: Toward an Adaptive Web-based IR System", *em anais do International Conference on Computers in Education - ICCE'02*, v.2, pp.1218-1222, 2002

**[Morton & LaCivita 2004]** Morton, T., LaCivita, J., "WordFreak: An Open Tool for Linguistic Annotation", *em anais HLT-NAACL*, pp.17-18, 2003. Sistema também disponível em <http://sourceforge.net/projects/wordfreak/> (acessado em 02/12/2008)

**[Nack & Putz 2001]** Nack, F., Putz, W., "Designing Annotation Before It's Needed", *em anais do IEEE MM'01*, 2001

- 
- [Neuwirth et al. 1990]** Neuwirth, C., Kaufer, D., Chandhok, R., and Morris, J., "Issues in the Design of Computer Support for Co-authoring and Commenting", *em anais do ACM Conference on Computer Supported Collaborative Work - CSCW'99*, pp.183-195, 1990
- [Neuwirth et al. 1998]** Wojahn, P., Neuwirth, C., Bullock, B., "Effects of Interfaces for Annotation on Communication in a Collaborative Task", *em anais do ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.456-463, 1998
- [Nokelainen et al. 2005]** Nokelainen, P., Miiikka, M., Kurhila, J., Floréen, P., Tirri, H., "A shared document-based annotation tool to support learner-centered collaborative Learning", *em British Journal of Educational Technology*, v.36(5), pp.757-770, 2005
- [O'Hara & Sellen 1997]** O'Hara, K., Sellen, A. "A Comparison of Reading Paper and On-Line Documents", *em anais do ACM Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI 97*, 1997
- [Olsen, Taufer & Fails 2004]** Olsen D., R., Jr., Taufer, T., Fails, J., A., "ScreenCrayons: Annotating Anything", *em anais do UIST'04*, v.6 (2), pp.165-174, 2004
- [Ovsiannikov, Arbib & McNeil 1999]** Ovsiannikov, I., A., Arbib, M., A., McNeil, T., H., "Annotation technology", *em anais do International Journal of Human-Computer Studies*, v.50, pp.329-362, 1999
- [Pereira 2001]** Pereira, O., "Ciência e Dialética em Aristóteles", São Paulo, editora UNESP, 2001
- [Phelps & Wilensky 1997]** Phelps, T., A., Wilensky, R., "Multivalent Annotations", *em Lecture Notes on Computer Science*, v.1324, pp.287-303, 1997
- [Pinker 2004]** Pinker, S., "The Stuff of Thought: Language as a Window into Human Nature", São Paulo, editora Viking, 2004
- [Pree 1994]** Pree, W., "Meta Patterns-A Means For Capturing the Essentials of Reusable Object-Oriented Design", *em anais do 8th European Conference on Object-Oriented Programming*, pp. 150-162, 1994
- [Reeves 1992]** Reeves, J. W., "What Is Software Design?", *em C++ Journal*, v.2(2), 1992. Artigo disponível em <http://www.c2.com/cgi/wiki?WhatIsSoftwareDesign> , (acessado em outubro de 2010)
- [Rajani & Vorbau 2004]** Rajani, R., Vorbau, A., "Viewing and Annotating Media with MemoryNet", *em anais do ACM Conference on Computer-Human Interaction - CHI'04*, 2004
- [RepliGo 2007]** [www.cerience.com](http://www.cerience.com) (acessado em outubro de 2010)

- 
- [Roescheisen, Mogensen & Winograd 1995]** Roescheisen, M., Mogensen, C., Winograd, T., "Interaction design for shared World-Wide Web annotations", *em anais ACM Conference on Human Factors in Computing System - CHI'95*, v2, pp.328-329, 1995
- [Sánchez et al. 2005]** Sánchez, J., A., Flores, L., A., Kirschning, I., Ostróvskaya, Y., "Supporting web-based scholarship through index cards and annotations", *em anais do 3º Congresso Web Latino-Americano da IEEE - LA-WEB'05*, 2005
- [Sannomiya et al. 2001]** Sannomiya, T., Amagasa, T., Yoshikawa, M., Uemura, S., "A Framework for Sharing Personal Annotations on Web Resources using XML", *em anais do Workshop for Information Technology for Virtual Enterprises – ITVE'01*, pp.40-48, 2001
- [Scheidl, Böckle & Schmutzer 1997]** Scheidl A., Böckle, H., Schmutzer R., "Web4Groups: a Tool for Telematic Cooperation", *em anais do 8th International Workshop on Database and Expert Systems Applications – DEXA'97*, pp.425, 1997
- [Schickler, Mazer & Brooks 1996]** Schickler, M., A., Mazer, M., S., Brooks, C., "Panbrowser support for annotations and other metainformation on the world wide web", *em Computer Networks and ISDN Systems*, v.28 (7-11), pp.1063-1074, 1996
- [Schilit, Golovschinsky & Price 1998]** Schilit, B., N., Golovchinsky, G., Price, M., N., "Beyond Paper: Supporting Active Reading with Free from Digital Ink Annotations", *em anais do CHI'98*, pp 249-256, Los Angeles, EUA, 1998.
- [Schön 1982]** Schön, D., "The Reflective Practitioner – How Professionals Think in Action", editora Basic Books, 1982
- [Schroeter, Hunter & Kosovic 2003]** Schroeter, R. , Hunter, J. , Kosovic, D., "Vannotea, a Collaborative Video Indexing, Annotation and Discussion System for Broadband Networks", *em anais do Workshop for Knowledge Markup and Semantic Annotation – K-CAP-2003*, 2003
- [Seneda 2008]** Seneda, M., "Max Weber e o Problema da Evidência e da Validade nas Ciências Empíricas da Ação", Campinas, editora da Unicamp, 2008
- [Schulz, Koch & Schneider 1999]** Schulz, A., G., Koch, S., Schneider, G., "Virtual Notes: Annotations on the WWW for Learning Environments", *em anais do 5th Americas Conference on Information Systems - AMCIS'99*, 1999
- [Smith, Blankinship & Lackner 2000]** Smith, B., Blankinship, E., Lackner, T., "Annotation and Education", *em IEEE Multimedia*, pp.84-90, 2000

- 
- [Steves, Ranganathan & Morse 2001]** Steves, M. , Ranganathan, M. , Morse, E. L., "SMAT: Synchronous Multimedia and Annotation Tool", *em anais do Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-34)*, 2001
- [Swan & Meskill 98]** Swan, K., Meskill, C., "Using Hypermedia to Enhance Response-based Literature and Learning", *em Journal of Educational Technology and Systems*, v.26 (2), pp.151-167, 1998
- [Uren et al. 2006]** Uren, V., Cimiano, P., Iria, J., Handschuh, S., Vargas-Vera, M., Motta, E., Ciravegna, F., "Semantic annotation for knowledge management: Requirements and a survey of the state of the art", *em Journal of Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, v.4, pp.14–28, 2006
- [Volkmer, Smith & Natsev 2005]** Volkmer, T., Smith, J., Natsev, A., "A Web-based System for Collaborative Annotation of Large Image and Video Collections", *em anais do MM'05*, pp.892-901, 2005
- [W3C 1995]** Collaboration, Knowledge Representation and Automatability  
<http://www.w3.org/Collaboration/Overview.html#annotation> , 1995 (acessado em outubro de 2010)
- [W3C 1999a]** XML Path Language (XPath) Version 1.0. W3C Recommendation,  
<http://www.w3.org/TR/xpath> , 1999 (acessado em outubro de 2010)
- [W3C 1999b]** XSL Transformations (XSLT) Version 1.0. W3C Recommendation,  
<http://www.w3.org/TR/xslt> , 1999 (acessado em outubro de 2010)
- [Wang & Chen 2004]** Wang, C., Chen, G., "Extending E-books with Annotation, Online Support and Assessment Mechanisms to Increase Efficiency of Learning", *em anais do ITiCSE'04*, 2004
- [Ward & Tasukawa 2004]** Ward, N., Tatsukawa, H., "A Tool for Taking Class Notes", *em International Journal of Human-Computer Studies*, v.59 (6), pp.959-981, 2003
- [Weng & Gennari 2004]** Weng, C., Gennari, J. H., "Asynchronous Collaborative Writing through Annotations", *em anais do ACM Conference on Computer Supported Collaborative Work - CSCW'04*, pp.578-581, 2004
- [Wilcox, Schilit & Sawhney 1997]** Wilcox, L., D., Schilit, B., N., Sawhney, N., N., "Dynamite: A Dynamically Organized Ink and Audio Notebook", *em anais do ACM Conference on Computer-Human Interaction - CHI'97*, 1997

---

**[Whittaker, Hyland & Wiley 1994]** Whittaker, S., Hyland, P., Wiley, M., “Filochat: handwritten notes provide access to recorded conversations”, *em anais do ACM Conference on Computer-Human Interaction - CHI’94*, pp. 271-276, 1994

**[Wittgenstein 1945]** Wittgenstein, L., “Investigações Filosóficas”, primeira edição de 1945, tradutor José Carlos Bruni, Editora Nova Cultural, 1999

**[Wojahn, Neuwirth & Bullock 1998]** Wojahn, P., Neuwirth, M., Bullock, B., “Effects of Interfaces for Annotation on Communication in a Collaborative Task”, *em anais do CHI’98*, 1998

**[Yamashita 2006]** Yamashita T., “Evaluation of Jupiter: a Lightweight Code Review Framework”, Dissertação de Mestrado, 2006. Disponível em <http://www.ics.hawaii.edu/research/tech-reports/ICS2006-12-02.pdf> (acessado em outubro de 2010)