

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

SISTEMA ADAPTATIVO PARA WEB SITES BASEADO NO COMPORTAMENTO DA FORMIGA

Wesley Martins Teles

BRASÍLIA
2003

WESLEY MARTINS TELES

SISTEMA ADAPTATIVO PARA WEB SITES BASEADO NO COMPORTAMENTO DA FORMIGA

Dissertação apresentada como requisito
parcial à obtenção do grau de Mestre.

Departamento de Ciência da Computação,
Instituto de Ciências Exatas,
Universidade de Brasília.

Orientador: Prof. Dr. Li Wegang

Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Célia Ghedini
Ralha

BRASÍLIA

2003

"Se queres paz, te prepara para a guerra. Se não queres nada, descansa em paz".

Humberto Gessinger

AGRADECIMENTOS

A Deus pelos acontecimentos bons desfrutei e pelos ruins que me fortaleceram.

A toda minha família por ter me apoiado em todos os sentidos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Li Weigang, por ter aceitado como discípulo, sem hesitar, um tecnólogo em processamento de dados que acabara de conhecer, mesmo tendo alunos suficientes para preencher suas vagas.

Ao Prof. Li novamente por ter confiado a mim o desenvolvimento de sua idéia e por ter transmitido a mim o ofício da pesquisa, tendo me apoiado durante todo o mestrado.

À Prof. ^a Dra. Célia Ghedini Ralha por ter me adotado como aluno co-orientado e por ter dado um apoio fundamental ao desenvolvimento desta dissertação, bem como às publicações referentes à este trabalho.

Ao Prof. Dr. Marco Aurélio Carvalho pela sua boa vontade em ajudar nos momentos difíceis.

Aos meus colegas do Departamento de Ciências da Computação por terem sido mais do que colegas.

Ao Jean, administrador da rede do departamento de Ciência da Computação, pelo apoio técnico dado à hospedagem da implementação do modelo 1 do AntWeb.

Aos professores do Departamento de Ciências da Computação da Universidade de Brasília pelos ensinamentos.

Aos meus amigos da Internet pelo companherimo virtual.

SUMÁRIO

Agradecimentos	iii
Sumário	iv
Lista de Símbolos, Siglas e Abreviações	vii
Lista de figuras	ix
Lista de tabelas.....	xi
Lista de equações.....	xii
Resumo	xiii
Abstract.....	xiv
Capítulo I - Introdução	1
I.1 Problema	1
I.2 Objetivo e motivação do trabalho	2
I.3 Metodologia e realização.....	3
I.4 A contribuição do AntWeb no contexto de outros trabalhos	4
I.5 Organização do trabalho	5
Capítulo II - Fundamentos	7
II.1 A meta heurística da formiga e suas bases biológicas	7
II.1.1 Aspectos do comportamento da formiga real	9
II.1.2 O experimento da ponte binária	10
II.1.3 Simulação com o obstáculo.....	12
II.1.4 A versão artificial da Formiga	18
II.1.5 Aplicações inspiradas no sistema formiga.....	19
II.2 Uma visão geral de World Wide Web.....	28
II.3 Hipertexto e Hipermídia	29
II.3.1 Um breve histórico de hipertexto	30
II.3.2 Classes de Links	32
II.4 Hipermídia Adaptativa	32
II.4.1 Modelo do Usuário	33
II.4.2 Ciclo clássico de adaptação	34
II.4.3 Navegação Adaptativa	35
Capítulo III - AntWeb para avaliação de estruturas de Web	38

III.1	Implementação do Algoritmo de WebMining de Srikant.....	39
III.1.1	O processo de filtragem de informações do arquivo de log.....	40
III.1.2	Os processos que envolvem a tabela de backtracks.....	41
III.2	Modelo AntWeb para avaliação de estruturas	44
III.2.1	Processo de mensuração de WebSites.....	45
III.2.2	Simulação com um modelo simples	45
III.2.3	Modelo de simulação AntWeb.....	46
III.2.4	Algoritmo do AntWeb para avaliação de estruturas.....	48
III.2.5	Simulação usando o modelo AntWeb.....	48
III.2.6	Aspectos da implementação	49
III.3	Resultados obtidos.....	53
III.3.1	Situação 1: Apenas 1 caminho de 5 links para o objetivo	54
III.3.2	Situação 2: Dois caminhos sendo 1 de 5 links e outro com 4 links	56
III.3.3	Situação 3: Dois caminhos sendo 1 com 5 links e outro com 2 links.....	58
III.3.4	Análise dos resultados	59
Capítulo IV - AntWeb Adaptativo		60
IV.1	A concepção do AntWeb Adaptativo.....	61
IV.2	Como unir a meta heurística da formiga com a navegação na Internet	64
IV.3	Como associar o feromônio	66
IV.4	Comparação entre o AntWeb adaptativo e outros sistemas	68
IV.5	Esquema do AntWeb adaptativo na Web	69
IV.6	Modelo 1 do AntWeb adaptativo	70
IV.6.1	A representação do feromônio no modelo 1	71
IV.6.2	Atualização do feromônio	71
IV.6.3	Formas de destacar um link	72
IV.7	Modelo 2 do AntWeb adaptativo	77
IV.7.1	A representação do feromônio no modelo 2.....	78
IV.7.2	Modelo 2 básico	79
IV.7.3	Extensão do modelo para mais de um destino.....	81
IV.7.4	Identificando a página destino do usuário	82
IV.7.5	O algoritmo para atualização do feromônio.....	83
IV.7.6	O processo de adaptação da apresentação da página.....	84
Capítulo V - Implementação		85

V.1 Componentes físicos	89
V.2 Banco de dados do AntWeb	91
V.3 Os dois módulos do Antweb	91
V.3.1 Módulo de atualização do feromônio	92
V.3.2 Módulo de Adaptação de página.	94
Capítulo VI – Experimentos	96
VI.1 Experimentos com o modelo 1	96
VI.2 Experimentos com o modelo 2.....	103
VI.2.1 A diminuição de erros na trajetória do usuário	103
VI.2.2 A indicação de caminhos mais curtos	106
VI.2.3 Indicação de mais de uma página destino	107
Capítulo VII - Conclusão	111
VII.1 Satisfação dos objetivos	111
VII.2 O que sobrou para fazer na implementação	113
VII.3 As dificuldades durante a pesquisa.....	113
VII.4 Conclusão sobre o experimento	114
VII.5 Recomendações e trabalhos futuros.....	115
VII.6 Publicações referentes a este trabalho	116
Anexo A Algoritmos da implementação de Webmining	118
Processo de filtragem	118
Preenchimento da tabela de backtracks	118
Extração de informações da tabela de backtracks	122
Abordagem somente o primeiro.....	123
Abordagem do aprimoramento do benefício.....	124
Anexo B Estrutura do Web site da politec	129
Anexo C Código fonte da implementação do AntWeb.....	138
Índice Analítico.....	213
Bibliografia 215	

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIações

AA	- Apresentação Adaptativa.
ACO	- Ant Colony Optimization (Otimização por colônia de formigas).
AO	- Adaptive Occultation (Ocultação Adaptativa).
AW	- AntWeb.
BD	- Banco de Dados.
CA	- Classificação Adaptativa.
CF	- Classificação de Fragmentos.
CG	- Condução Global.
CIC	- Departamento de Ciência da Computação da Universidade de Brasília.
CL	- Condução Local.
EA	- Explicação Adicional.
EC	- Explicação Comparativa.
ER	- Explicação Requerida.
EV	- Explicação Variante.
FR	- Frames.
FV	- Fragmento Variante.
HA	- Hipermídia Adaptativa.
HTML	- Hypertext Mark Language (linguagem de marcação de texto).
HTTP	- Hypertext Transport Protocol (protocolo de transporte de hipertexto).
IP	- Internet Protocol (protocolo da Internet).
JSP	- Java Server Pages.
MA	- Mapas Adaptativos.
MU	- Modelo de Usuário.
OD	- Orientação Direta.
OG	- Suporte à Orientação Global.
OL	- Suporte à Orientação Local.
PHP	- Personal Home Page (Linguagem de programação do tipo SSSL).
PV	- Página Variante.
SQL	- Standard Query Language.
ST	- Stretch text.
SSSL	- Server Side Script Language (Linguagem Script do Lado do Servidor)
TC	- Texto Condicional.

- TSP - Traveling Salesman Problem (Problema do Caixeiro Viajante).
- UnB - Universidade de Brasília.
- URL - Uniform Resource Locator. (localizador de recurso unificado)
- XML - Extended Marked Language.
- WML - Web Mining Log.
- WWW - World Wide Web.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – EXPERIMENTO DA PONTE BINÁRIA	10
FIGURA 2 – GRÁFICO DE USO DOS DOIS CAMINHOS PELA FORMIGA	11
FIGURA 3 – FORMIGAS CAMINHADO ENTRE O NINHO E A FONTE DE ALIMENTO.....	12
FIGURA 4 – UM OBSTÁCULO NA TRILHA DE FORMIGAS	13
FIGURA 5 – AS FORMIGAS SE DIVIDEM NA ESCOLHA DO CAMINHO A SEGUIR	13
FIGURA 6 – O CAMINHO MAIS CURTO ACABA PREVALECENDO	14
FIGURA 7 – DISTÂNCIAS ENTRE OS PONTOS PARA FAZER A SIMULAÇÃO.....	14
FIGURA 8 – ESTADO DA SIMULAÇÃO NO TEMPO 0.....	15
FIGURA 9 – ESTADO DA SIMULAÇÃO NO TEMPO 1	15
FIGURA 10– ESTADO DA SIMULAÇÃO NO TEMPO 2.....	16
FIGURA 11– ESTADO DA SIMULAÇÃO NO TEMPO 3.....	17
FIGURA 12– ESTADO DA SIMULAÇÃO NO TEMPO 4.....	17
FIGURA 13 – TRILHA DE FEROMÔNIO FORMADA NA SIMULAÇÃO	18
FIGURA 14 – AS FORMIGAS SEGUEM A TRILHA DE FEROMÔNIO FORMADA.....	18
FIGURA 15 – MODELO DE REDE	25
FIGURA 16 – CICLO CLÁSSICO DE ADAPTAÇÃO.....	34
FIGURA 17 – TRAJETO EXECUTADO POR USUÁRIOS PARA ENCONTRAR A PÁGINA 9.....	38
FIGURA 18 – NOVA ESTRUTURA DO SITE APÓS A INSERÇÃO DE UM NOVO LINK	39
FIGURA 19 – PROCESSO DE FILTRAGEM DO ARQUIVO DE LOG.....	41
FIGURA 20 – PROCESSO DE PREENCHIMENTO DA TABELA DE BACKTRACK.....	43
FIGURA 21 – PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE INFORMAÇÕES DA TABELA DE BACKTRACK.....	43
FIGURA 22 – A ESTRUTURA DE UM WEBSITE SIMPLES	46
FIGURA 23 – RELACIONAMENTOS ENTRE AS TABELAS DO BD.....	50
FIGURA 24 – DIAGRAMA DE CLASSES DE ENTIDADE.....	51
FIGURA 25 – DIAGRAMA DE CLASSES DE INTERFACE.	52
FIGURA 26 – SITUAÇÃO COM APENAS 1 CAMINHO DE 5 LINKS	54
FIGURA 27 – SITUAÇÃO COM UM CAMINHO DE 4 LINKS PARA O OBJETIVO.....	56
FIGURA 28 – SITUAÇÃO 3 COM UM CAMINHO COM DOIS LINKS PARA O OBJETIVO.....	58
FIGURA 29 – INDICAÇÃO DIFERENCIADA PARA CAMINHOS EQUIVALENTES.	67
FIGURA 30 – A ASSOCIAÇÃO DO FEROMÔNIO NO ANTWEB ADAPTATIVO.....	69
FIGURA 31 – MODELO FUNCIONAL ANT WEB ADAPTATIVO	70

FIGURA 32 – ABORDAGEM DO VALOR DO FEROMÔNIO	74
FIGURA 33 – ABORDAGEM DO DESTAQUE PROPORCIONAL	75
FIGURA 34 – ABORDAGEM DO MÍNIMO SIGNIFICATIVO	76
FIGURA 35 – ESTRUTURA DE UM SITE FICTÍCIO.....	83
FIGURA 36 – PÁGINA EM QUE O USUÁRIO INICIA SUA NAVEGAÇÃO.....	86
FIGURA 37 – HOME PAGE DO CIC COM O ANTWEB	87
FIGURA 38 – PÁGINA DE CORPO DOCENTE.....	88
FIGURA 39 – ACESSO A PÁGINA SEM O ANTWEB.....	88
FIGURA 40 – ACESSO A PÁGINA COM O ANTWEB	89
FIGURA 41 – DIAGRAMA DE CLASSES SIMPLIFICADO DO MODULO DE ATUALIZAÇÃO	92
FIGURA 42 – DIAGRAMA DE CLASSE DO MODULO DE ADAPTAÇÃO DA PÁGINA.....	94
FIGURA 43 – ESTRUTURA PARCIAL DO SITE DO CIC.....	99
FIGURA 44 – UMA DAS PÁGINAS OBTIDAS DURANTE O EXPERIMENTO	100
FIGURA 45 – SITE ESTRUTURADO EM ÁRVORE.....	104
FIGURA 46 – SITE COM CAMINHOS DE TAMANHOS DIFERENTES	106
FIGURA 47 – ESTRUTURA COM MAIS DE UMA PÁGINA DESTINO	108

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – APLICAÇÕES DE ACO PARA PROBLEMAS ESTÁTICOS	19
TABELA 2 – APLICAÇÕES DE ACO PARA PROBLEMAS DINÂMICOS.....	20
TABELA 3 – TABELA DE PROBABILIDADE	25
TABELA 4 – SIMULAÇÃO COM UM MODELO SIMPLES.....	46
TABELA 5 – SIMULAÇÃO USANDO O MODELO ANTWEB.....	49
TABELA 6 – RENDIMENTO OBTIDO COM PÁGINA-ALVO A 4 LINKS DE PROFUNDIDADE	54
TABELA 7 – RENDIMENTO OBTIDO COM PÁGINA-ALVO A 3 LINKS DE PROFUNDIDADE	56
TABELA 8 – RENDIMENTO OBTIDO COM PÁGINA-ALVO A 2 LINKS DE PROFUNDIDADE	58
TABELA 9 – AS MÉDIAS DE THROUGHPUT DAS TRÊS SITUAÇÕES	59
TABELA 10 – BATERIA DE NAVEGAÇÕES COM O MODELO 1.....	101
TABELA 11 – BATERIA INICIANCO COM O LINK “CORPO DOCENTE”	101
TABELA 12 – SIMULAÇÃO COM UMA ESTRUTURA EM ARVORE	105
TABELA 13 – FEROMÔNIOS ADICIONADOS.....	105
TABELA 14 – SIMULAÇÕES COM CAMINHOS DE TAMANHOS DIFERENTES	106
TABELA 15 – ADIÇÕES DE FEROMÔNIO	107
TABELA 16 – SIMULAÇÃO COM MAIS DE UM DESTINO.....	108
TABELA 17 – ADIÇÕES DE FEROMÔNIO	109

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1	11
EQUAÇÃO 2	12
EQUAÇÃO 3	22
EQUAÇÃO 4	22
EQUAÇÃO 5	22
EQUAÇÃO 6	23
EQUAÇÃO 7	26
EQUAÇÃO 8	27
EQUAÇÃO 9	47
EQUAÇÃO 10	47
EQUAÇÃO 11	48
EQUAÇÃO 12	71
EQUAÇÃO 13	79
EQUAÇÃO 14	79
EQUAÇÃO 15	80
EQUAÇÃO 16	80
EQUAÇÃO 17	81
EQUAÇÃO 18	81
EQUAÇÃO 19	82
EQUAÇÃO 20	121
EQUAÇÃO 21	128

RESUMO

O comportamento da formiga pode ser usado como metáfora para melhorar a performance de sistemas tipo Web. Com a tecnologia atual de navegação na Internet, as condições em que o usuário navega procurando suas páginas alvo são muito parecidas com o procedimento das formigas para encontrar alimento. Mas, de forma distinta ao procedimento das formigas, os usuários da Internet não possuem feromônio para que eles possam cooperar entre si no processo de navegação. Com base nestas observações e pela inexistência de um trabalho que tenha como objetivo orientar o usuário da web dando ênfase a otimização de rotas foi desenvolvido um estudo com o objetivo de preencher esta lacuna aplicando o comportamento da formiga na Web que denominamos AntWeb. Este estudo foi dividido em duas partes: O AntWeb para avaliação de websites e o AntWeb adaptativo. Em relação ao AntWeb para avaliação de websites foi desenvolvida uma metodologia de avaliação que foi implementada em um software que tinha como entrada a estrutura de um website e como saída uma medida de performance da estrutura. Em relação ao AntWeb adaptativo, foram desenvolvidos dois modelos heurísticos para guiar o usuário da Web em um contexto de hipermídia adaptativa que chamamos de modelo 1 e modelo 2. O modelo 1 foi implementado e testado no website do Departamento de Ciências da Computação da UnB. Com o modelo 2 foram feitas simulações que mostraram de forma otimista que o modelo 2 pode auxiliar o usuário da Web. O objetivo deste trabalho é relatar as pesquisas feitas com o AntWeb.

Palavras chaves: Sistema formiga, Web Mining, Hipermídia Adaptativa, Web Inteligente.

ABSTRACT

The ant behavior can be used as a metaphor to improve web systems performance. The present Internet browse tools embody user that can be assumed as ants foraging process. But different from the ants, Internet users don't have pheromone for a cooperative help. Based in this observation and because of lack of research work that has as objective to guide web user through optimized routes this research was developed. In this research we present AntWeb. This research was divided in two different application of AntWeb: The AntWeb for evaluation of websites and the adaptive AntWeb. In relation to the AntWeb for evaluation of websites, an evaluation methodology was developed and implemented. In this case the input is the structure of a website and as output a measure of performance of the structure is computed. In relation to the adaptive AntWeb, two heuristic models had been developed to guide the web user in a context of adaptive hypermedia that we named model 1 and model 2. Model 1 was implemented and tested in UnB Department of Computer Sciences website. With model 2 simulations had been done to show of the optimized form that AntWeb could assist web users. The main objective of these simulations is to test the research work developed with the AntWeb.

Keywords: Ant System, Web Mining, Adaptive Hypermedia, and Web Intelligence.

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

I.1 Problema

A formiga é um inseto social que trabalha em prol da colônia. Suas características físicas não lhe permitem ter uma visão global do seu ambiente, uma vez que possuem recursos de visão curta, o que as torna praticamente cegas. Mas mesmo com essa limitação ela precisa encontrar seu alimento para sobreviver.

Esta é uma situação muito parecida com os usuários quando buscam informações nos sites da Internet. Eles se encontram num imenso ciberespaço sem saber onde estão e por vezes nem por onde iniciar seu processo de busca pelas informações que procuram. Da mesma forma que a formiga se encontra em um gigantesco mundo sem indicativos, o usuário da Internet se encontra em uma gigantesca teia de páginas interligadas por links. Ambos tem uma visão limitada do seu ambiente tornado bastante árdua sua tarefa de navegação.

Para auxiliar o usuário nesta tarefa foram desenvolvidos mecanismos de busca, que para tipos de procura muito específicas, são mecanismos razoáveis, mas estes mesmos mecanismos estão se tornando cada vez mais ineficientes à medida que o ciberespaço cresce. Quem nunca se deparou com uma lista de 1000 links ao digitar algum tópico em algum site de procura? Para auxiliar neste cenário, este trabalho propõe uma heurística inspirada no comportamento das formigas que serve para guiar o usuário da Internet durante a navegação.

Apesar das formigas possuírem as limitações de visão já citadas, elas conseguem achar com muita eficiência a fonte de alimento, além de determinar o menor caminho entre o ninho e esta. A formiga quando caminha deixa uma substância chamada feromônio no chão. As formigas ao procurarem o caminho que devem seguir, optam por aquele em que o grau de feromônio está mais forte. Com o passar do tempo, o feromônio das trilhas em desuso evapora, ficando apenas as trilhas que são mais interessantes para a colônia. Este é um processo de trabalho em equipe em prol da colônia como um todo. Uma só formiga, com suas limitações de visão não seria capaz de achar o caminho para o alimento com a mesma eficiência de um trabalho em grupo das formigas da colônia.

Diferente das formigas, os usuários da Internet não possuem nenhum tipo

de comunicação grupal durante o processo de navegação. Cada um conta somente consigo mesmo para alcançar seu objetivo. A idéia deste trabalho é contribuir para a mudança deste quadro, propondo um sistema baseado no feromônio para que os usuários da Internet realizem um trabalho coletivo em prol de toda comunidade estabelecendo um canal de comunicação indireta entre eles.

Usando a idéia do feromônio, os usuários não só poderão encontrar as páginas que procuram com maior facilidade, como também descobrir o menor caminho entre o ponto em que se encontram e o objetivo, tornando o processo de navegação na Internet mais fácil.

O modelo heurístico, bem como sua implementação através do AntWeb, possui vantagens não explícitas, como a simplicidade do algoritmo, a flexibilidade de não precisar que o usuário informe qualquer coisa e de não depender da iniciativa do usuário para que o sistema funcione. A proposta apresentada possui um modelo extensível que pode ser combinado sem grandes dificuldades com outros modelos, podendo ser adaptado para diferentes situações. O sistema também pode ser aprimorado de diversas formas para incorporar recursos de adaptabilidade mais específicos a diversos objetivos de sistemas de hipermídia adaptativos.

I.2 Objetivo e motivação do trabalho

O objetivo deste trabalho é o estudo da aplicação da meta heurística da formiga na navegação da Internet, ou seja, o desenvolvimento do AntWeb adaptativo baseado na metáfora do comportamento das formigas, possibilitando a implementação de sistemas que procurem orientar o usuário na navegação da Internet.

A Internet, teve uma explosão rápida na sua utilização e possui atualmente acesso a diversas informações de todas as naturezas em seus trilhões de sites disponíveis no mundo inteiro. A Internet pode ser vista como um gigantesco mar de informações que pode ser utilizada de diversas formas.

No entanto, a Internet ainda possui muitos problemas sem solução como o problema de navegação. Diversos fatores podem ser apontados para que este problema persista. O fato é que as estruturas dos sites não auxiliam o usuário a encontrar sua página alvo. Os textos dos links são imprecisos, ou seja, os links que levam o usuário a sua página alvo estão em páginas índice diferentes das quais o

usuário espera como citado por [44]. Estes são alguns dos problemas que levam o usuário a usar uma seqüência de ligações (passaremos a utilizar a palavra “links” de agora em diante) mais longa do que a necessária ou até mesmo desistir da procura antes de encontrar a sua página alvo, prejudicando sua navegação.

Neste contexto, surge uma clara demanda por métodos que visem melhorar este cenário do ponto de vista da navegação. Um sistema como o AntWeb contribui no sentido que indica caminhos para que o usuário chegue até seu objetivo e otimize sua navegação fazendo com que ele use apenas a quantidade necessária de links para se deslocar dentro do hipertexto até sua página alvo.

O AntWeb está relacionado com diversas áreas da Ciência da Computação e tópicos de pesquisa como a meta heurística da formiga que lhe dá fundamento, a hipermídia adaptativa, Web inteligente, webmining, agentes inteligentes de navegação, iteração homem-web inteligente através de interfaces adaptativas para web. Já foi comprovada a aplicabilidade proposta através de publicações tal como [25] que marcou o início da pesquisa sobre o AntWeb além dos trabalhos [57] e [58]. No futuro esperamos o surgimento de outros trabalhos relacionados ao AntWeb, visando o estudo e a aplicabilidade do sistema.

1.3 Metodologia e realização

Com relação aos aspectos da apresentação deste trabalho escrito, foram seguidas prioritariamente as diretrizes do instituto de Ciências Exatas da Universidade de Brasília. Porém, nas situações não especificadas ou incompletas, foram usadas as diretrizes contidas em [59]. Também foram usados na preparação desta dissertação, livros de metodologia científica tais como [52], [11] e [8].

A tarefa de levantar os conceitos necessários à contextualização do AntWeb foi feita fazendo-se uso da literatura referente aos respectivos temas. A parte referente a meta heurística “Ant Colony Optimization” - ACO [31] centralizou-se em descrever o sistema formiga de forma geral, não se preocupando em focar em uma aplicação específica do sistema. Para escrever sobre o sistema de meta heurística ACO desenvolvido por Marco Dorigo foram usadas principalmente as obras publicadas do próprio desenvolvedor da técnica. Os conceitos sobre Web, hipertexto e hipermídia foram retirados de [6]. Para os conceitos e teorias referentes aos sistemas de hipermídia adaptativa foi usado o trabalho de Luiz A. Multigeo

Palazzo [18] e o trabalho de Peter Brusilovsky [37] que tratam exatamente de fornecer uma visão geral da área, revisando técnicas e fornecendo seus conceitos.

A descrição do AntWeb para avaliação de estruturas de Web sites foi baseada no trabalho de Li Weigang e colegas [25]. A parte correspondente aos experimentos feitos envolvendo o sistema AntWeb para avaliação de estruturas de Web sites foi baseada no projeto final de graduação desenvolvido por Judas Tadeu Cariolano [17] no segundo semestre de 2001 que consistiu na implementação do software necessário para a realização do experimento de validação do AntWeb para avaliação de Websites e nos relatórios escritos relativos aos experimentos de Webmining realizados no departamento de Ciência da Computação da UnB.

O desenvolvimento dos Modelos do AntWeb adaptativo foi feito usando-se conceito de WebMining, Hipermissão Adaptativa e ACO como base para a formalização. Os experimentos de validação do AntWeb adaptativo foram feitos de duas formas: Com a implementação do modelo usando a Server Side Script Language (SSSL) PHP em conjunto com banco de dados MySQL além de métodos de projeto de sistemas como a UML e os padrões de projeto ; Simulação de trafego de usuários em sites fictícios.

1.4 A contribuição do AntWeb no contexto de outros trabalhos

Em relação a meta heurística da formiga, o AntWeb aplicou o comportamento da formiga na Web que é uma área não trivial comparada com às áreas que normalmente são aplicadas a meta heurística da formiga. Em virtude disto, o AntWeb encarou problemas que também não são usuais neste ramo da Ciência da Computação. O AntWeb teve que levar em consideração, por exemplo, o problema de existir páginas na Web que tinham a mesma relevância para o usuário. Outra diferença notável neste novo contexto de aplicação é o fato das formiga serem pessoas ao invés de componentes de softwares como em todas as aplicações da meta heurística da formiga existentes na literatura.

Em conseqüência disto, o AntWeb trouxe inovações para esta área. O AntWeb foi o primeiro sistema inspirado no comportamento da formiga á levar em consideração a condução da formiga à multiplos destinos. A adaptação do sistema às características da navegação do usuário da Web fez surgir uma nova metodologia que permitia a meta heurística aprender com eficiência o menor caminho sem o uso

da avaliação implícita da solução que normalmente existe em todas as áreas que se costuma aplicar a meta heurística da formiga. O uso das técnicas de hipermídia adaptativa mostrou uma nova maneira de influenciar a formiga, além do uso de números aleatórios, como nas demais aplicações do sistema formiga.

Em relação a área de Web Inteligente, o AntWeb trouxe um novo sistema de navegação adaptativa que solucionou de forma consistente o problema de determinar o menor caminho para o usuário, usando sua própria navegação para o processo de aprendizagem. Este novo sistema tem como característica a extensibilidade que permite que ele seja incorporado com outros sistemas de navegação adaptativa já existente.

I.5 Organização do trabalho

Acabamos de apresentar uma visão geral sobre o trabalho desenvolvido, abrangendo objetivos, motivação e seu relacionamentos com outros trabalhos.

No Capítulo II descrevemos os fundamentos do nosso trabalho, ou seja, a meta heurística da formiga que serviu de base para o desenvolvimento do AntWeb, uma visão geral sobre a World Wide Web (Web), a tecnologia de hipertexto e hipermídia, bem como as técnicas de hipermídia adaptativa que foram utilizadas como solução para o feromônio atrair o usuário.

No Capítulo III apresentamos o sistema AntWeb para avaliação de estruturas de websites que é o relacionado ao AntWeb adaptativo. Neste capítulo é descrito o algoritmo, os experimentos que precederam surgimento deste e os experimentos que serviram para validação.

O AntWeb adaptativo é apresentado no Capítulo IV podendo ser considerado o principal capítulo deste trabalho, pois concentra nossa contribuição científica.

A implementação do primeiro modelo da heurística do AntWeb no aspecto adaptativo é descrita no Capítulo V através da descrição da escolha da plataforma, o Banco de Dados do sistema e os dois módulos básicos: de atualização do feromônio e de adaptação da página.

O Capítulo VI descreve os experimentos realizados, por meio das simulações com estudos de casos envolvendo o segundo modelo do AntWeb adaptativo e as análises de resultados dos experimentos feitos.

E finalmente o Capítulo VII apresenta a conclusão do trabalho com sugestões de trabalho futuro.

No anexo A descrevemos os algoritimos usados na implementação do método de webmining de Srikant.

No anexo B listamos a estrutura do website da Politec Informática LTDA, usada no experimento do AntWeb para avaliação de WebSites.

O anexo C contém o código fonte da implementação do modelo 1 do AntWeb adaptativo.

CAPÍTULO II - FUNDAMENTOS

O objetivo deste capítulo é descrever as técnicas e os conceitos que foram usados para a formalização e serviram como fundamento para o AntWeb; ou seja, a meta heurística da formiga que é a essência do AntWeb, as técnicas de hipermídia adaptativa que permitiram a junção da meta heurística da formiga com a navegação na Internet e outros conceitos relativos a Web, como a tecnologia de hipertexto e hipermídia.

II.1 A meta heurística da formiga e suas bases biológicas

A meta heurística ACO desenvolvida por Marco Dorigo foi inspirada no comportamento das formigas reais para encontrar o caminho para seu alimento e otimizar sua trajetória entre o formigueiro e a fonte de alimento [33,30]. Foi proposta por Marco Dorigo, em 1991, como uma abordagem de múltiplos agentes para otimização de problemas combinatórios difíceis como por exemplo o problema do caixeiro viajante (TSP).

Existem no mundo algumas pesquisas em andamento para a resolução de problemas difíceis de otimização usando o sistema formiga [29]. O AntWeb pertence a este grupo de aplicações.

O algoritmo formiga foi inspirado na observação de formigas reais e se baseia principalmente na forma como a formiga procura seu alimento.

As formigas são insetos sociais que cooperam entre si para manter a sobrevivência da colônia. Seu comportamento é dirigido de forma que a sobrevivência da colônia é mais importante do que a sobrevivência de um único indivíduo [29]. O principal fato observado no comportamento das formigas reais que inspirou os sistemas formiga foi a capacidade de encontrar o menor caminho entre a fonte de alimento e o seu ninho. A formiga tem a capacidade de enxergar, mas sua visão possui um alcance muito curto, sendo a formiga capaz de ver apenas a uma distância muito pequena. Assim é impossível para as formigas encontrarem o menor caminho entre seu ninho e a fonte de alimento usando somente sua visão. Mas, apesar desta limitação, a formiga é capaz de encontrar o menor caminho, usando outros meios e de forma muito eficiente garantido assim a sobrevivência da colônia. Para isto, a formiga utiliza um hormônio aromático chamado feromônio.

Quando a formiga caminha entre a fonte de alimento e o seu ninho, ela deposita no chão o feromônio, marcando assim o caminho de ida e volta usado por ela. As formigas possuem a capacidade de farejar o feromônio permitindo que elas percebam o feromônio deixado por outras formigas. Por instinto, a formiga tende sempre a andar na direção em que o feromônio esta apontando fazendo com que elas sigam os rastros depositados anteriormente no chão. Enquanto caminham, as formigas depositam mais feromônio no caminho utilizado, reforçando ainda mais o rastro que está sendo seguido. Assim formam-se as trilhas de feromônio que serão usadas por todas as formigas para indicação do caminho entre a fonte de alimento e o ninho.

As formigas podem formar mais de um caminho entre a fonte de alimento e o ninho. O processo é o seguinte: aleatoriamente as formigas se desviam um pouco do caminho original e como toda formiga deixa feromônio no chão, ela cria uma nova trilha de feromônio formando caminhos alternativos aos caminhos originais. Dessa forma vão aumentando as opções de trajetos que a formiga pode seguir, para chegar ao seu objetivo. Quando há mais de uma trilha a seguir a formiga tende a escolher a trilha que tem a maior concentração de feromônio.

O feromônio com o passar do tempo se evapora diminuindo a taxa de feromônio nas trilhas. Quando uma trilha de feromônio não é utilizada, a tendência é que essa trilha desapareça permanecendo apenas as trilhas ativas.

Obviamente, as formigas que utilizam os caminhos mais curtos, gastam menos tempo fazendo o percurso entre o ninho e a fonte de alimento do que as formigas que usam o caminho mais longo, conseqüentemente a frequência de formigas que passam pelos caminhos mais curtos é maior do que a frequência de formigas que passam pelos caminhos mais longos, o que faz com que os caminhos mais curtos recebam mais atualização de feromônio. Esse efeito é chamado por Dorigo [29] de *avaliação implícita da solução*. Devido à evaporação de feromônio, os caminhos mais longos desaparecerão ficando apenas os caminhos mais curtos.

Observe que as formigas inconscientemente comunicam-se entre si, indiretamente, usando o feromônio que elas deixam no chão. Essa forma de comunicação indireta entre os insetos é chamada pela etologia de *estigmergia* [38]. O que caracteriza o *estigmergia* de outras formas de comunicação é [29]:

- A natureza física da informação corresponde a modificações no

ambiente.

- A informação somente é acessível localmente.

II.1.1 Aspectos do comportamento da formiga real

O procedimento das formigas para encontrar o caminho mais curto entre o ninho e a fonte de alimento é auto catalítico, ou seja, um processo que se alimenta de seu próprio impulso para se desenvolver. Quando a formiga toma o melhor caminho baseado na quantidade de feromônio contido na trilha correspondente ela está ao mesmo tempo contribuindo para melhorar a precisão da informação, naquele ponto, que ajudará a próxima formiga a tomar o melhor caminho. Isso funciona de forma circular resultando na melhora constante da solução. O efeito auto catalítico combinado com a avaliação implícita da solução é o que produz o efeito desejado nos sistemas que utilizam o comportamento da formiga como inspiração [29].

Uma característica interessante do modo como a formiga acha o menor caminho é que o sistema é totalmente adaptável a modificações no ambiente. Se por alguma razão um determinado caminho que até então era o melhor deixar de sê-lo, como por exemplo aparecer um obstáculo naquele caminho, o sistema de cooperação entre as formigas vai encontrar um outro caminho alternativo.

Outra observação a ser feita é que a intensidade de feromônio funciona como uma meta heurística, ou seja, quanto maior a quantidade de feromônio naquela trilha melhor será a trilha que permite à formiga ter localmente informações sobre o que fazer depois.

Note também o caráter coletivo do modo como as formigas conseguem descobrir o melhor caminho. A descoberta da solução só é possível se toda a colônia agir conjuntamente. A atividade de uma única formiga isolada não possui inteligência suficiente para determinar o melhor caminho, mas a atividade de toda uma colônia possui essa inteligência.

Observe também o caráter descentralizado da atividade. A inteligência esta distribuída uniformemente em todas as formigas. Não existe nenhuma hierarquia entre elas, nenhum ponto central de inteligência, existe apenas um conjunto de indivíduos fazendo a mesma coisa. Daí, provavelmente, vem o principal trunfo desse sistema natural que chamou a atenção dos cientistas da Computação: a capacidade de executar isso em paralelo.

II.1.2 O experimento da ponte binária

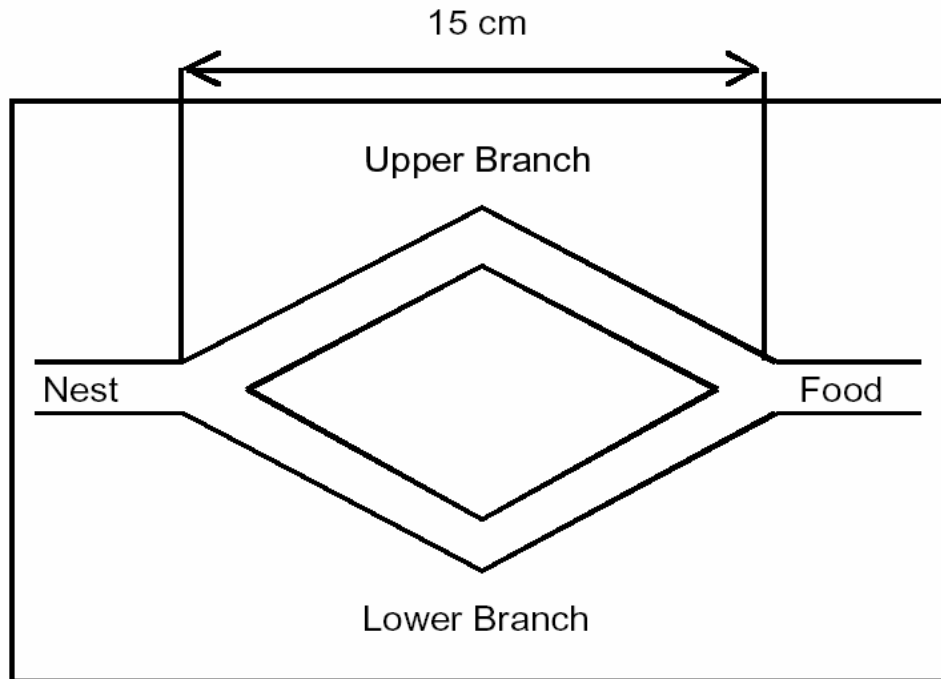


Figura 1 – Experimento da ponte binária

Em [29] encontramos o experimento da ponte binária: uma ponte que possui dois caminhos entre o formigueiro e a fonte de alimento, sendo que os dois caminhos tem tamanhos iguais. O objetivo deste experimento é descobrir de que forma aquele fenômeno auto catalítico da atividade de encontrar o melhor caminho acontece.

Quando as formigas começam a caminhar sobre a ponte no início do experimento, as formigas se dividem em partes iguais em cada ramo da ponte para ir e voltar. Com o passar do tempo, após uma breve oscilação, esta razão vai ficando cada vez mais diferenciada, tornando o caminho mais alto mais usado pela formiga como é mostrado na Figura 2.

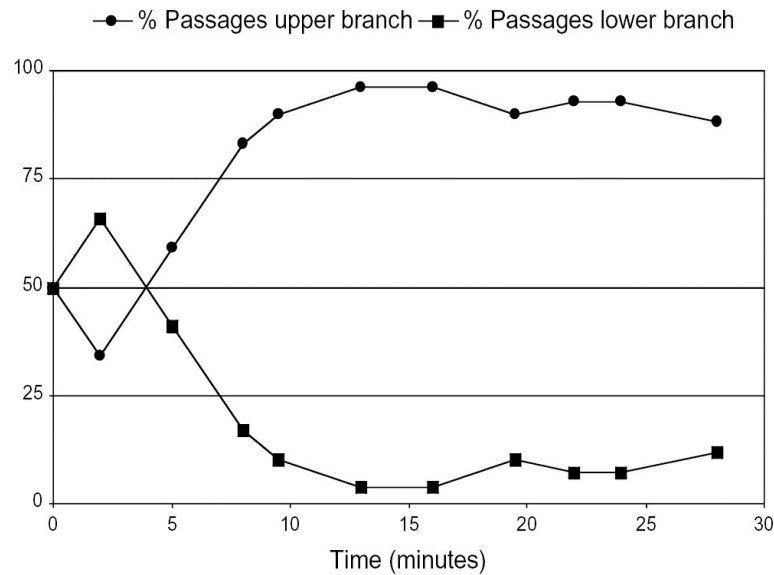


Figura 2 – Gráfico de uso dos dois caminhos pela formiga

A Figura 2 de [29] mostra como variou a quantidade de formigas que usaram os dois caminhos. Inicialmente não existe feromônio algum e com o passar do tempo o feromônio vai sendo adicionado nos dois caminhos de forma proporcionalmente igual. Como a formiga escolhe um caminho devido a grande quantidade de feromônio, toda migração da formiga se concentrará cada vez mais em apenas um caminho, apesar de que neste experimento os dois caminhos sejam de tamanhos iguais.

Após uma breve oscilação nos primeiros minutos, as formigas passaram a convergir para o caminho mais alto. Este experimento mostra também que a probabilidade da formiga escolher seu caminho é proporcional a quantidade de feromônio. Segundo [26] o modelo probabilístico mais compatível com as observações experimentais é o seguinte:

$$P_U(m) = \frac{(U_m + k)^h}{(U_m + k)^h + (L_m + k)^h}$$

Equação 1

$$P_L(m) = 1 - P_U(m)$$

Equação 2

Onde:

$P_L(m)$ - Probabilidade da formiga m escolher a parte de baixo da ponte.

$P_U(m)$ - Probabilidade da formiga m escolher a parte de cima da ponte.

L_m - Número de formigas que usaram a parte de baixo depois de m formigas usarem a ponte.

U_m - Número de formigas que usaram a parte de cima depois de m formigas usarem a ponte.

k e h - Parâmetros que permitem ajustar a formula aos dados experimentais.

Neste modelo é assumida que a quantidade de feromônio em um caminho é proporcional a quantidade de formiga que o utilizou. Isto porque não houve tempo suficiente no experimento para que acontecesse uma evaporação efetiva de feromônio.

II.1.3 Simulação com o obstáculo

Esta simulação servirá para o leitor entender melhor como a formiga pode se adaptar a alterações no ambiente e como o caminho mais curto tende a ficar com mais feromônio. Imagine a seguinte situação em que as formigas estão indo e voltando entre o ninho e a fonte de alimento como mostra a Figura 3.

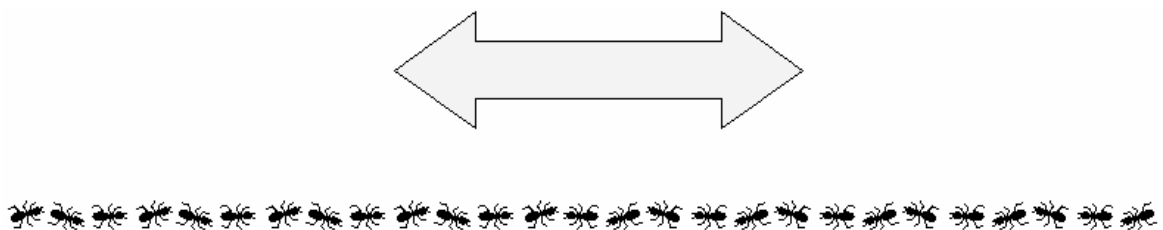


Figura 3 – Formigas caminhando entre o ninho e a fonte de alimento

Nesta situação já existe uma trilha formada indicando o menor caminho entre o ninho e a fonte de alimento. Ao se colocar um obstáculo no caminho das formigas como é mostrado na Figura 4, as formigas inicialmente se dividem na escolha do caminho para desviar o obstáculo como é mostrado na Figura 5. Mas

depois de algum tempo, um número cada vez maior de formigas começam a escolher o caminho mais curto como é mostrado na Figura 6.

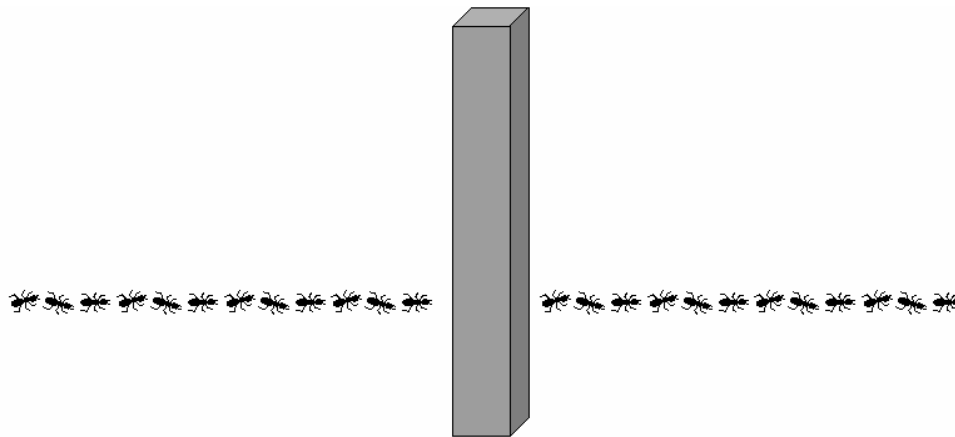


Figura 4 – Um obstáculo na trilha de formigas

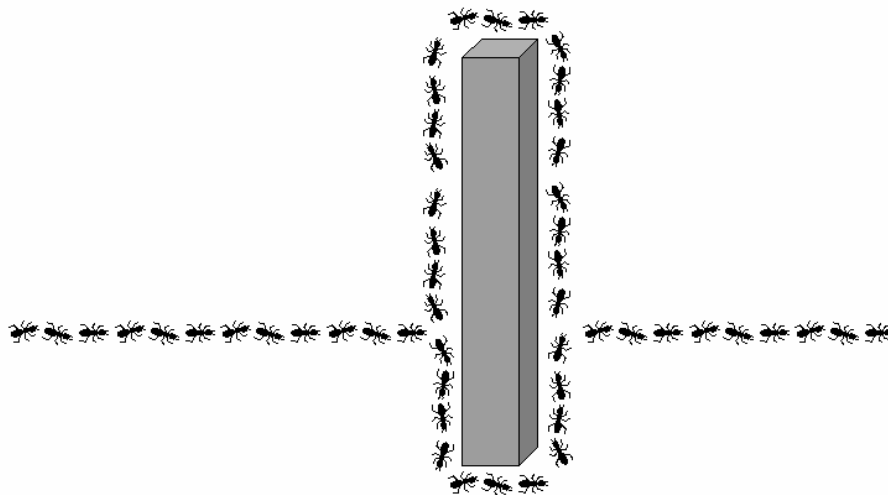


Figura 5 – As formigas se dividem na escolha do caminho a seguir

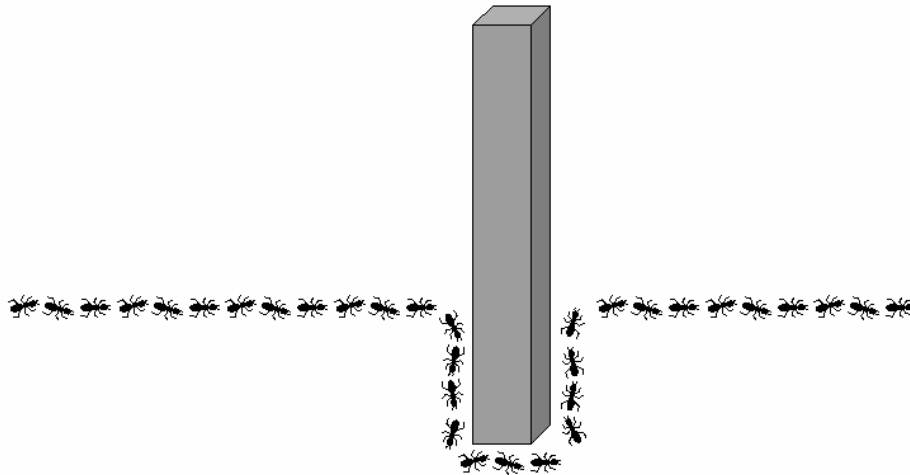


Figura 6 – O caminho mais curto acaba prevalecendo

A Figura 7 mostra as distâncias consideradas para fazer a simulação. Dois pontos da trilha original são fixados de forma eqüidistante do obstáculo a 1 cm cada um. A distância da ponta do obstáculo que esta na parte de baixo da trilha original é 1 cm e a distância da ponta do obstáculo que esta na parte de cima da trilha original é 2 cm. É claro que nesta situação o menor caminho para desviar do obstáculo é o caminho de baixo. Nesta simulação estamos considerando que as formigas caminham a uma velocidade de 1 cm por segundo.

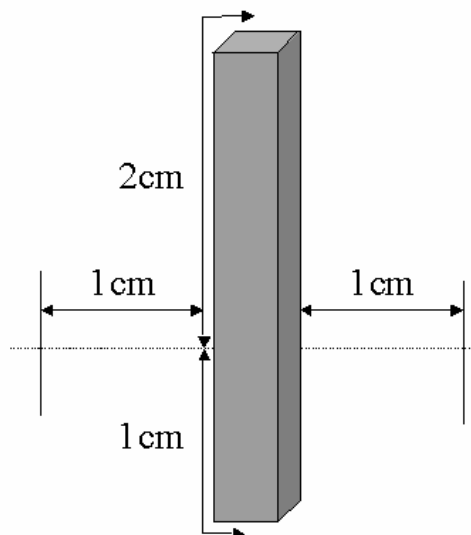


Figura 7 – Distâncias entre os pontos para fazer a simulação

No tempo 0, a primeira formiga indo, o qual chamamos de 1i, e a primeira formiga voltando da fonte de alimento, o qual chamamos de 1v, aparecem nos

respectivos pontos que estabelecemos sobre a trilha de feromônio como mostra a Figura 8.

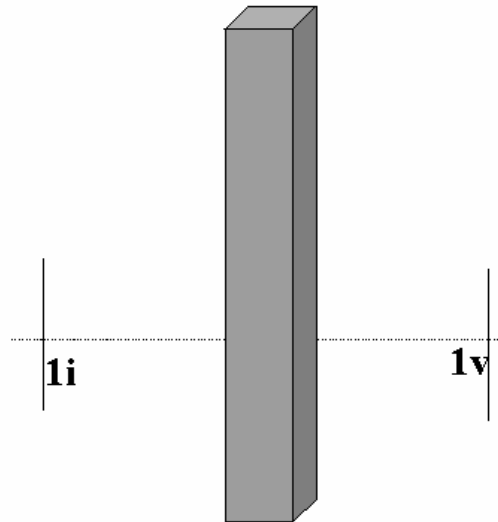


Figura 8 – Estado da simulação no tempo 0

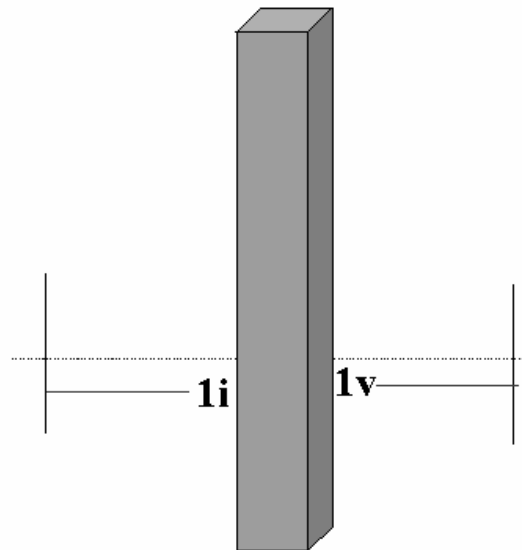


Figura 9 – Estado da simulação no tempo 1

Passado 1 segundo, as duas formigas chegam até o obstáculo como é mostrado na Figura 9. É nesse momento que as duas formigas tem que decidir qual caminho seguir dentre as duas alternativas possíveis. Para justificar a probabilidade real da formiga escolher qualquer um dos caminhos que é de 50% cada um, vamos considerar que cada uma das duas formigas escolheram caminhos diferentes como

é mostrado na Figura 10, que mostra a situação no tempo 2. Nesta situação a formiga 1i ainda não conseguiu atravessar o obstáculo, enquanto que a formiga 1v já esta passando de um lado para o outro do obstáculo.

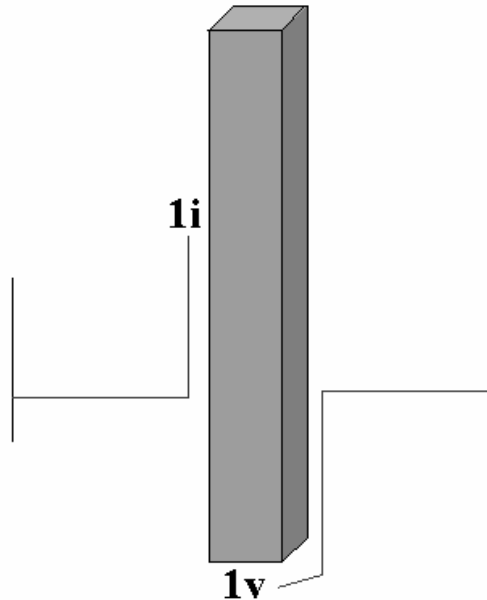


Figura 10– Estado da simulação no tempo 2

Na Figura 11, a formiga 1v já alcançou a trilha original que estava do outro lado do obstáculo, enquanto a formiga 1i esta passando para o outro lado do obstáculo. Nesse momento também aparecem as formiga 2i e 2v nos pontos que nós fixamos na trilha original.

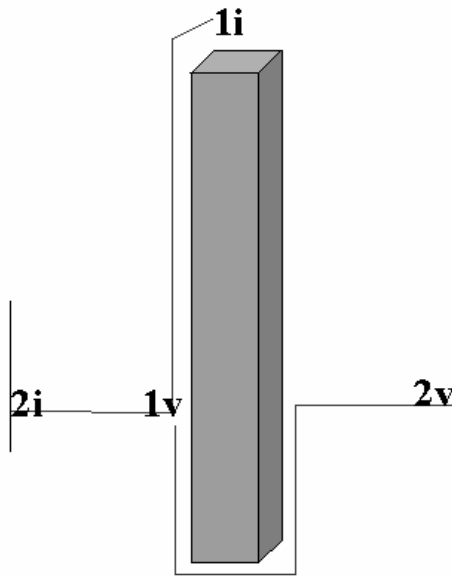


Figura 11– Estado da simulação no tempo 3

Na Figura 12, as formiga 2i e 2v tem que escolher qual caminho seguir. Para a formiga 2i a probabilidade de escolher um caminho ou outro continuam sendo de 50% cada um, mas para a formiga 2v a probabilidade de escolher o caminho de baixo, que é o mais eficiente tornou-se maior devido ao feromônio depositado no caminho de baixo. Dessa forma podemos ver que a tendência é a quantidade de feromônio no caminho de baixo se tornar cada vez maior.

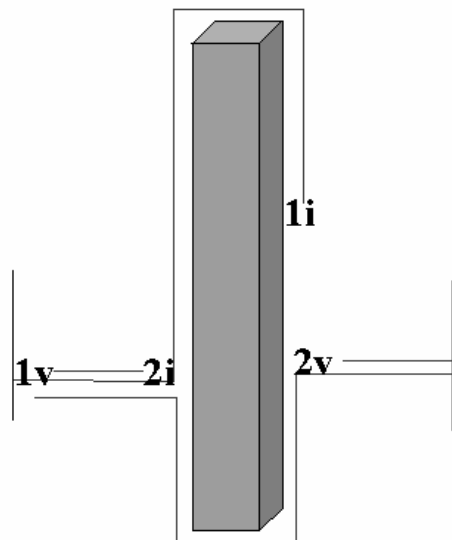


Figura 12– Estado da simulação no tempo 4

A Figura 13 mostra trilha de feromônio que tende a se formar com o

passar do tempo. Esta trilha mostra o caminho que as formigas seguirão tal como ilustrado na Figura 14.

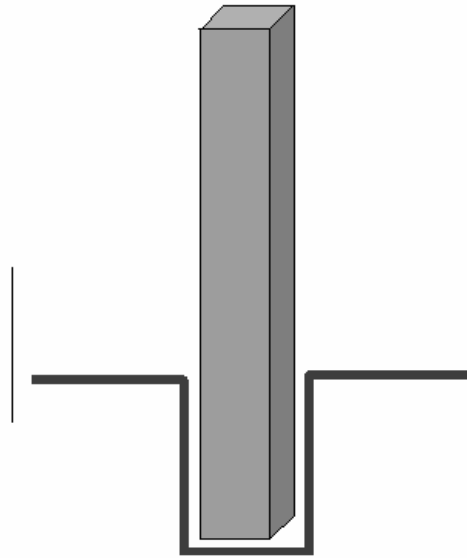


Figura 13 – Trilha de feromônio formada na simulação

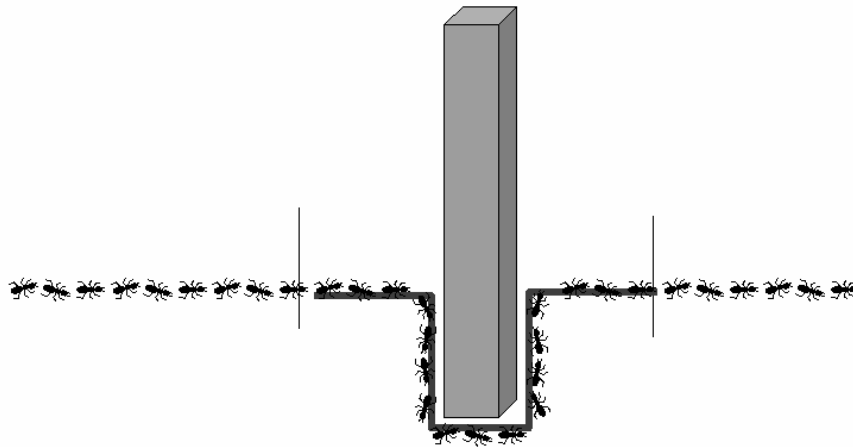


Figura 14 – As formigas seguem a trilha de feromônio formada

II.1.4 A versão artificial da Formiga

Na versão artificial da formiga proposta por Marco Dorigo [29], as formigas são componentes de software e as taxas de feromônio são valores contínuos associados a arestas de um grafo que representa o ambiente para o problema em questão. As formigas cooperam entre si para resolver problemas difíceis de otimização como o problema do caixeiro viajante e a atribuição quadrática.

As formigas navegam por estados discretos de um determinado contexto. Através de transições entre estados vizinhos ela busca pela melhor solução do problema que geralmente é o menor número de transições possíveis para se chegar a um estado específico, partindo de outro. No problema do caixeiro viajante por exemplo, os estados discretos são as cidades por onde o caixeiro passa e as transições são as ligações entre as cidades.

Tal como as formigas reais, as formigas artificiais terão acesso a informações apenas localmente. As formigas artificiais são similares as formigas reais em muitos aspectos, porém, são enriquecidas com certas capacidades que não são encontradas nas formigas reais como:

- As formigas artificiais vivem em um mundo discreto e seus movimentos são transições de um estado discreto a outro.

- As formigas artificiais possuem um estado interno privado que contem a memória de ações passadas.

- As formigas podem depositar uma quantidade de feromônio que é proporcional a qualidade da solução encontrada.

- A atualização do feromônio não é necessariamente dependente do comportamento da formiga. Por exemplo, o feromônio pode ser atualizado somente quando a formiga encontra alguma solução, diferente das formigas reais que atualizam o feromônio a medida em que caminham.

- Para aprimorar de maneira geral a eficiência do sistema, pode ser acrescida na formiga capacidades extras como retrocesso, visão de estados vizinhos, dentre outros.

II.1.5 Aplicações inspiradas no sistema formiga

A seguir serão apresentadas tabelas que listam as principais aplicações do algoritmo formiga [26]. A Tabela 1 lista as aplicações de ACO para problemas estáticos de otimização combinatorial, ou seja, problemas no qual as características não mudam no decorrer do processo da procura da solução. Um exemplo clássico deste tipo de problema é o TSP.

Tabela 1 – Aplicações de ACO para problemas estáticos

Problema	Autor	Ano	Referências	Nome do Algoritmo
Caixeiro viajante	Dorigo, Maniezzo & Colorni	1991	[33,30,32]	AS

	Gambardella & Dorigo	1995	[19]	Ant-Q
	Dorigo & Gambardella	1996	[27,28,21]	ACS & ACS-3-opt
	Stützle & Hoos	1997	[50,48]	MMAS
	Bullnheimer, Hartl & Strauss	1997	[3]	AS _{rank}
Atribuição Quadrática	Maniezzo, Colorni & Dorigo	1994	[55]	AS-QAP
	Gambardella, Taillard & Dorigo	1997	[23,24]	HAS-QAP ^a
	Stützle & Hoos	1998	[49]	MMAS-QAP
	Maniezzo & Colorni	1998	[54]	AS-QAP ^b
	Maniezzo	1998	[56]	ANTS-QAP
Job-shop scheduling	Colorni, Dorigo & Maniezzo	1994	[1]	AS-JSP
Roteamento de veículos	Bullnheimer, Hartl & Strauss	1996	[2,4,5]	AS-VRP
	Gambardella, Taillard & Agazzi	1999	[22]	HAS-VRP
Ordenamento seqüencial	Gambardella & Dorigo	1997	[20]	HAS-SOP
Coloração de grafos	Costa & Hertz	1997	[7]	ANTCOL
Superseqüência mais comum	Michel & Middendorf	1998	[40,41]	AS-SCS

A Tabela 2 lista aplicações de ACO para problemas dinâmicos de otimização combinatorial, ou seja, problemas no qual as características podem mudar no decorrer do processo de busca da solução, como o problema do roteamento de pacotes em uma rede.

Tabela 2 – Aplicações de ACO para problemas dinâmicos

Problema	Autor	Ano	Referências	Nome do Algoritmo
Roteamento de rede orientado a conexão	Schoonderwoerd, Holland, Bruten &	1996	[42,43]	ABC
	Rothkrantz	1998	[51]	ASGA
	White, Pagurek & Oppacher	1998	[15]	AntNet-FS
	Di Caro & Dorigo	1998	[10]	ABC-smart ants
	Bonabeau, Hnaux, Guérin, Snyers, Kuntz & Theraulaz			
Roteamento de rede não orientado a conexão	Di Caro & Dorigo	1997	[13,14,16]	AntNet & AntNet-FA
	Subramanian, Druschel & Chen	1997	[9]	Regular ants
	Heusse, Guérin, Snyers & Kuntz	1998	[34]	CAF
	Van der Put & Rothkrantz	1998	[46,45]	ABC-backward

A seguir serão descritas em um nível maior de detalhe duas aplicações da meta heurística da formiga para a resolução de problemas na Ciência da Computação: Uma para a resolução do problema do caixeiro viajante e outra para o problema do balanceamento de cargas em redes de telecomunicações. Elas servirão de exemplo para o leitor entender melhor como a meta heurística da formiga pode

ser usada de forma mais concreta.

II.1.5.1 Problema do Caixeiro viajante

O problema do caixeiro viajante é um problema clássico da ciência da computação e foi utilizado como teste para algoritmos-formiga [27]. O TSP pode ser definido da seguinte forma: sejam n cidades, todas interligadas, formando um grafo fortemente conexo; o objetivo é encontrar o caminho mais curto que visite todas as cidades, passando somente uma vez em cada uma delas. A complexidade desse tipo de problema cresce exponencialmente com o número de cidades tratando-se de um problema NP-completo e, conseqüentemente, não se conhece um algoritmo que forneça a solução ótima em tempo polinomial [17]. Para problemas dessa espécie, abordagens heurísticas fornecem soluções satisfatórias.

O problema é computacionalmente modelado por um grafo completo. Cada nó do grafo representa uma cidade e cada aresta o caminho entre duas cidades. O comprimento de cada aresta representa a distância entre as cidades. A extensão de um trajeto (ciclo) é dada pela soma dos comprimentos das arestas percorridas. Além do comprimento, cada aresta possui também uma determinada quantidade de feromônio associada a esta.

Um total de m formigas move-se entre as cidades em busca da solução do problema, ou seja, do caminho mais curto. Para garantir que uma formiga não visite duas vezes a mesma cidade, cada formiga possui uma lista de todas as cidades já visitadas, chamada lista *tabu*. A cada iteração, cada uma das m formigas realiza uma transição entre as cidades. Após n iterações todas as formigas terão visitado todas as cidades e terão completado um ciclo. Completado o ciclo, as trilhas de feromônio são atualizadas (conforme será detalhado mais adiante) e cada formiga esvazia sua lista *tabu*. Um novo ciclo é então iniciado. A quantidade de formigas e o número máximo de ciclos são parâmetros do sistema.

Sejam i e j duas cidades do grafo. O comprimento da aresta (i, j) é representado por d_{ij} . A probabilidade da k -ésima formiga na cidade i escolher mover-se para a cidade j é dada pela seguinte fórmula:

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{k \in \text{permitidos}_k} [\tau_{ik}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{ik}]^\beta} & \text{se } j \in \text{permitidos}_k \\ 0, & \text{em outro caso} \end{cases}$$

Equação 3

Onde $\tau_{ij}(t)$ é a quantidade de feromônio na aresta (i,j) no momento t , e η_{ij} é a visibilidade da aresta, dada por $\eta_{ij} = 1/d_{ij}$. Os parâmetros α e β determinam a participação relativa da quantidade de feromônio e da visibilidade na tomada da decisão. O conjunto permitidos_k é formado por todas as cidades que não pertencem à lista *tabu* da formiga.

A atualização do feromônio é feita com base na seguinte fórmula:

$$\tau_{ij}(t+n) = (1-\rho) \cdot \tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}$$

Equação 4

Onde:

$\tau_{ij}(t+n)$ é a quantidade de feromônio na aresta (i,j), passadas n iterações a partir do tempo t ,

ρ é o coeficiente de evaporação, mais um parâmetro do sistema, que determina a evaporação ocorrida entre os instantes t e $t+n$, e possui a restrição $0 < \rho < 1$.

$$\Delta\tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k$$

Equação 5

Onde $\Delta\tau_{ij}^k$ é a quantidade de feromônio depositada pela k -ésima formiga entre os instantes t e $t+n$, que por sua vez é dada por:

$$\Delta \tau_{ij}^k = \begin{cases} \frac{Q}{L_k} & \text{se a } k\text{-ésima formiga usou a aresta}(i, j) \\ 0, & \text{em outro caso} \end{cases}$$

Equação 6

Onde Q é uma constante, geralmente igual a 1 e L_k é o comprimento do trajeto percorrido pela k -ésima formiga. Assim concluímos a descrição da aplicação da meta heurística da formiga para o problema do caixeiro viajante.

II.1.5.2 Balanceamento de cargas em redes de telecomunicações

O balanceamento de cargas em redes de telecomunicações é um problema de atribuição quadrática para o qual foi desenvolvido uma aplicação usando a meta heurística da formiga segundo Schoonderwoerd [42]. Quando determinadas centrais telefônicas atingem um nível crítico de utilização tornam-se incapazes de originar novas chamadas e, nesse contexto, o balanceamento de carga entre diversas centrais de uma rede mostra-se fundamental para um bom desempenho da mesma.

Chamadas entre dois pontos são geralmente roteadas por estações de comutação intermediárias, ou nodos; em uma rede de grandes proporções há várias rotas possíveis para cada chamada. Um bom sistema de balanceamento de carga procura distribuir o fluxo de chamadas através do sistema, explorando centrais com capacidade ociosa, reduzindo assim a perda de chamadas. Encontrar o caminho mais curto entre a origem e o destino de uma chamada pode ajudar a reduzir o número de nodos envolvidos na ligação, porém nem sempre é a melhor abordagem para o balanceamento, uma vez que pode haver um número excessivo de chamadas envolvendo o mesmo caminho mínimo.

Controlar sistemas distribuídos por meio de um único controlador central tem várias desvantagens. Uma delas é que os nodos precisam constantemente enviar informações à central a respeito de sua carga, aumentando ainda mais o fluxo na rede e reduzindo a escalabilidade do sistema. Outro problema, inerente ao controle centralizado, é baixa tolerância à falhas: no caso de falha no controlador central, todo o sistema fica inoperante. Dessa forma, a natureza desses sistemas distribuídos é altamente dinâmica, complexa e estocástica, e seu comportamento

não pode ser previsto ou explicado reduzindo-a a um único fator central controlável.

A solução pode estar em um bom sistema descentralizado. Uma abordagem baseada em algoritmos-formiga é completamente distribuída e altamente adaptável a mudanças na rede ou em seus padrões de tráfego. Essa solução faz uso de capacidade de processamento distribuído já inerentemente presentes na rede na forma dos nodos. A natureza distribuída dessa abordagem pode tornar o sistema muito robusto contra falhas de entidades de controle individuais.

II.1.5.2.1 A modelagem do problema

Uma aplicação foi escrita por Schoonderwoerd [42] para simular padrões de tráfego em um modelo de rede de telecomunicações baseado em comutação (“switching”). Tal rede é representada por um grafo não-direcionado. Cada nodo do grafo corresponde a uma estação de comutação; as arestas entre os nós correspondem aos canais de comunicação. Um dado nodo geralmente estará conectado somente a um subconjunto de outros nodos da rede, geralmente sua vizinhança geográfica; arestas são intrinsecamente bidirecionais. O modelo de rede usado é um grafo com n nodos, cada qual com vários atributos:

- Um identificador do nodo.
- Uma capacidade, ou seja, o número de chamadas simultâneas que o nodo pode gerenciar.
- Uma tabela de roteamento com $(n-1)$ entradas, uma para cada um dos demais nodos da rede. Cada entrada informa qual nodo é o próximo nodo na rota ao destino considerado.
- A probabilidade de ser o nodo terminal (fonte ou destino) de uma chamada.
- A capacidade ociosa. É o percentual da capacidade que ainda está disponível no nodo.

As arestas entre os nodos possuem capacidade infinita, de modo que a distância geográfica entre os nodos ligados não seja levada em conta. A capacidade dos nodos será, portanto, o único gargalo da rede.

II.1.5.2.2 Gerência de redes com controle baseado em formigas

Esta seção mostra como algoritmos-formiga podem ser aplicados a redes

de telecomunicações através do uso de tabelas de feromônio no lugar das tabelas de roteamento como passaremos a expor.

II.1.5.2.2.1 Tabelas de feromônio

Substituem-se as tabelas de roteamento nos nodos da rede por tabelas de probabilidades, que podem ser chamadas também de tabelas de feromônio, uma vez que a intensidade de feromônio é representada por essas probabilidades. Cada nodo possui uma tabela de feromônio para cada possível destino na rede e cada tabela possui uma entrada para cada vizinho. Por exemplo, um nodo com quatro vizinhos em uma rede de 30 nodos tem 29 tabelas de feromônio com quatro entradas cada. Poderia-se dizer que uma rede com n nodos teria n diferentes tipos de feromônio. As entradas nas tabelas são as probabilidades que influenciam a escolha do próximo nodo pelas formigas em seu trajeto rumo ao destino. A Figura 15 mostra uma possível configuração de rede e a Tabela 3 uma tabela de feromônio assumindo-se o nodo 1 como origem segundo trabalho de [42]. Por exemplo, formigas viajando do nodo 1 para o nodo 3 têm probabilidade 0,49 de escolher o nodo 2 como seu próximo nodo e 0,51 de escolher o nodo 4. Aqui o “depósito de feromônio” é representado por “atualização de probabilidades”.

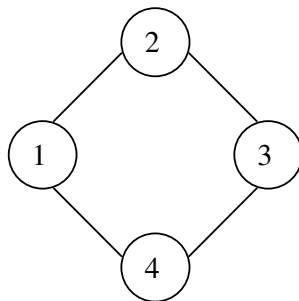


Figura 15 – Modelo de rede

Tabela 3 – Tabela de probabilidade

Nodo destino	Próximo nodo	
	2	4
2	0,95	0,05
3	0,49	0,51
4	0,05	0,95

A cada instante da simulação, formigas podem ser lançadas de qualquer nodo da rede, simulando o início de uma chamada. Cada formiga tem um nodo de

destino aleatório. Formigas movem-se de nodo para nodo, selecionando o próximo nodo para mover de acordo com as probabilidades nas tabelas de feromônio para seu nodo destino. Chegando a um nodo, elas atualizam as probabilidades na tabela de feromônio correspondentes a seu nodo de origem, isto é, formigas depositam o tipo de feromônio associado ao nodo de onde elas partiram. Elas alteram a tabela para aumentar a probabilidade que aponta para o nodo anterior. Quando as formigas alcançam seu nodo destino, elas morrem.

Tomemos como exemplo uma formiga na rede da Figura 15 que é lançada no nodo 3 com destino ao nodo 2, e acaba de mover-se do nodo 4 para o nodo 1. Nesse exemplo a formiga toma uma rota ineficiente somente para fins de ilustração. Essa formiga primeiro vai alterar a tabela do nodo 1 correspondente ao nodo 3 (seu nodo de origem) aumentando a probabilidade de seleção do nodo 4; ela vai então selecionar seu próximo nodo aleatoriamente de acordo com as probabilidades na tabela correspondente ao seu nodo de destino, nodo 2.

Essa forma de atualização direcional de probabilidades difere da maneira como as formigas depositam feromônio, porém é funcionalmente equivalente. Schoonderwoerd [42] afirma que usar probabilidades ao invés de quantidades absolutas de feromônio ajuda a entender melhor o comportamento de formigas artificiais.

O método usado para atualizar as probabilidades é bastante simples: quando uma formiga atinge um nodo, a entrada na tabela de feromônio correspondente ao nodo ao qual a formiga acaba de sair é aumentada de acordo com a fórmula:

$$p = \frac{P_{anterior} + \Delta p}{1 + \Delta p}$$

Equação 7

Onde p é a nova probabilidade e Δp é o aumento na probabilidade. As outras entradas na tabelas são diminuídas de acordo com a fórmula:

$$p = \frac{p_{anterior}}{1 + \Delta p}$$

Equação 8

Uma vez que os novos valores somam 1, eles ainda podem ser interpretados como probabilidades.

II.1.5.2.3 Idade e latência de formigas

Um requisito fundamental no trabalho de Schoonderwoerd foi desenvolver métodos simples para encorajar formigas a entrar em caminhos relativamente curtos e ao mesmo tempo evitar nodos congestionados [43]. Dois métodos são usados. O primeiro é fazer Δp , o valor usado para alterar as tabelas de feromônio, reduzir progressivamente de acordo com a idade da formiga. Uma formiga leva uma unidade de tempo para mover-se de um nodo para outro; assim a idade de uma formiga corresponde ao tamanho do trajeto já percorrido. Dessa forma, formigas que percorrem caminhos mais curtos têm mais influência sobre o sistema. O segundo método, que depende do primeiro é retardar formigas em nodos congestionados. O tempo de retardo depende do grau de congestionamento. Esse retardo tem dois efeitos complementares:

- Temporariamente reduz o fluxo de formigas desde nodos congestionados para seus vizinhos, impedindo assim que as tabelas que conduzem a nodos congestionados sejam atualizadas e permitindo que as probabilidades de escolhas alternativas cresçam mais rapidamente.

- Uma vez que as formigas envelhecem enquanto esperam em nodos congestionados, elas têm menos influência sobre as tabelas de feromônio ao saírem.

II.1.5.2.4 Roteamento de chamadas

As chamadas operam independentemente das formigas. Para determinar a rota para uma chamada de um nodo particular para um destino, a maior probabilidade na tabela de feromônio para esse destino é escolhida. O vizinho correspondente a essa probabilidade será o próximo nodo na rota para o destino. A rota é válida se o destino é alcançado, e a chamada é então colocada na rede, a

menos que algum dos nodos da rota esteja congestionado. Nesse caso a tentativa de chamada falha.

Dessa forma, chamadas e formigas interagem dinamicamente umas com as outras. Chamadas influenciam na carga dos nodos, que por sua vez influencia nas formigas através do mecanismo de retardo. Formigas influenciam nas rotas representadas pelas tabelas de feromônio que determinam, por sua vez, o roteamento de novas chamadas.

Acabamos de expor duas aplicações inspiradas no sistema formiga: o TSP e o balanceamento de cargas em redes de telecomunicações. Passaremos a expor outros fundamentos para o nosso trabalho como World Wide Web (Web), as tecnologias de hipertexto e hipermídia e algumas considerações de hipermídia adaptativa através de métodos e técnicas de navegação adaptativa.

II.2 Uma visão geral de World Wide Web

A World Wide Web, ou simplesmente Web, é o mundo de informações em larga escala acessíveis via Internet. Uma biblioteca on-line de conhecimentos humanos, também referida como W3 ou WWW. A Web usa a tecnologia de hipertexto para permitir o acesso às informações em multimídia localizadas em sistemas de computadores espalhados pelo mundo, formando um sistema de hipermídia distribuída. A Web une técnicas de informações em rede e hipertexto para tornar possível um poderoso sistema global de informações.

A Web é um dos recursos mais usados disponíveis na Internet. Na visão do usuário, a Web consiste de documentos e links. A Web é a grande responsável pelo grande uso da tecnologia de hipertexto. O protocolo, HTTP (Hypertext Transport Protocol), é usado para permitir a integração de programas, como os browsers, com servidores remotos de informação.

A Web surgiu através de um projeto iniciado por Tim Bearners-Lee e Robert Caillian nos laboratórios CERN na Genebra (<http://www.cern.ch>) em 1991. Originalmente o projeto tinha como objetivo prover uma infraestrutura para a alta comunidade de física em energia da Europa para que eles pudessem compartilhar informações.

Uma vez que os físicos estavam localizados em várias organizações e usando uma variedade de sistemas de computadores e aplicações de software

distintos, o projeto WWW tinha com requisito ter uma plataforma que fosse portátil, compatível a todos, sendo desenvolvido usando a arquitetura cliente servidor. A Web foi projetada para ser integrável com futuras tecnologias, como novas redes, protocolos, tipos de objetos e formatos de dados.

O projeto WWW introduziu várias práticas comuns para estar de acordo com a abordagem de comunicação cliente e servidor. Dentre elas o protocolo HTTP, a linguagem HTML (Hypertext Markup Language) que é uma generalização da linguagem SGML (Standard Generalized Markup Language) sendo a linguagem nativa para documentos na Web. Também o conceito de URL (Uniform Resource Locator) que é o sistema padrão para a identificação de objetos na Web.

A Web somente foi possível de ser desenvolvida pela utilização da tecnologia de hipertexto e hipermídia o qual passaremos a expor.

II.3 Hipertexto e Hipermídia

Um sistema de hipertexto ou um hiperdocumento pode ser definido como um sistema que apresenta informações como uma rede interconectada de nós ou nodos, a qual os leitores tem liberdade para navegar livremente de forma não linear.

A palavra hipertexto é a fusão dos termos “espaço hiperbólico” e “texto”, sugerindo a idéia de um texto multidimensional e não linear em que o leitor pode acessa-lo de forma não seqüencial. O hipertexto pode ser definido como uma rede de nodos. Um “nodo” é uma coleção de dados organizados sobre um tópico específico.

A hipermídia é a união da tecnologia do hipertexto com os recursos da multimídia (hipertexto+multimídia = hipermídia). É um estilo de desenvolvimento de sistemas para a criação, manipulação, recuperação e apresentação de informação.

Na maioria dos estudos sobre hipertexto, a descrição das noções básicas como âncora, nodo e link variam muito. Não é possível encontrar uma lista comum de definições. Existem diferentes termos usados para se referir a nodo como cartões, bloco e página.

Nodos podem ser categorizados de diferentes formas. Por exemplo um nodo de alto nível é um nodo que contem somente referências e ponteiros para outros nodos. Um nodo de controle somente permite que os usuários controlem sua navegação através da rede. Nodos de controle podem ser chamados de “nodos

transacionais”, “nodos navegacionais” ou “páginas índices”[44, 39]. Os nodos ou páginas que possuem o conteúdo da informação que os usuários costumam procurar, são chamados de “páginas conteúdo” [44].

Um link é uma informação contida em um nodo referenciando outro nodo ou um ponteiro entre nodos. O nodo no qual está situado determinado link é chamado de “nodo âncora” deste link. O nodo que o link referencia é chamado de “nodo destino”. Os links são geralmente representados por algum objeto situado no nodo de partida, como uma palavra ou figura.

Um dos requisitos do hipertexto é que os links devem ser automáticos, ou seja, quando o leitor selecionar um link no hipertexto o movimento entre os dois nodos devem ser automático.

II.3.1 Um breve histórico de hipertexto

O termo hipertexto foi cunhado em 1967 pelo visionário Ted Nelson o qual definiu através do seu artigo “Literary Machines” [6] como uma forma não linearizada de escrita.

Mas a visão que trouxe a gênese do hipermídia foi elaborada por Bush em um artigo intitulado “As we may think”[53]. Neste artigo Bush elaborou uma visão de um sistema de “extensão da memória” chamado de Memex. Bush descreveu o Memex como “um tipo de arquivo privado mecanizado” e “um dispositivo em que um indivíduo armazena seus livros, registros e comunicações que poderia ser consultado com velocidade e flexibilidade”. Segundo Nielsen (Nielsen 1990)[6] Bush foi capaz de prever as conseqüências da explosão de informações que era a principal razão para o desenvolvimento do Memex. Mais que um simples repositório, o sistema Memex era um “índice associativo”. Esta característica foi essencial para Bush descobrir que as técnicas de indexação contemporâneas estavam impondo restrições artificiais na recuperação da informação, forçando pesquisadores a traçar seus requerimentos por uma rígida classificação alfabética ou numérica. Bush disse: “A mente humana não funciona desta maneira. Ela opera por associação. Com a compreensão de um item, ela busca instantaneamente o próximo que é sugerido por associações de idéias, de acordo com alguma intrigante rede suportada pelas células do cérebro”.

Bush definiu Memex em termos da tecnologia foto mecânica disponível

nos anos 40,(três anos antes o transistor foi inventado, e 30 anos antes dos computadores pessoais), em conjunto com sua visão de como estas tecnologias poderiam ser estendidas e otimizadas. No Memex, o operador poderia entrar com textos, desenhos e notas usando equipamentos de registro de imagens. Para armazenar estas informações era usado um sistema de arquivamento de microfilmes. Para mostrar vários arquivos de microfilmes simultaneamente e ligar arquivos relacionados era usado um simples código. Bush vislumbrava sistemas de compressão de dados fotográficos, transmissão de voz, cartões de memória eletromagnética, e o uso da televisão para promover a comunicação entre os diversos usuários do Memex. O sistema Memex nunca foi implementado usando as tecnologias que Bush vislumbrava, mas a idéia de uma estação de trabalho de hipermídia interativa foi um pensamento razoável nos anos 40, inspirando importantes contribuições.

Outro nome importante na história do hipertexto foi Engelbart, responsável pelo nascimento de muitas inovações na hipermídia que se tornaram padrão em todos os sistemas de hipermídia que temos hoje. Engelbart foi um pioneiro em automação de escritório. Em 1968 ele produziu o NLS (oN Line System), no qual incorporou uma variedade de características como mouse, múltiplas janelas, e correio eletrônico. Também em 1968, Kay construiu um modelo de papelão de um sistema portátil de hipermídia que ele chamou de “Dynabook”. O protótipo original foi desenhado com tela plana, interface gráfica e capacidade de manipular grandes quantidades de texto. O Dynabook tinha como interface uma linguagem de programação de escrita/leitura de fácil uso chamada de “Paintbrush”, no qual crianças poderiam usar para criar figuras animadas e poderia incorporar links via linhas telefônicas sem fio, com acesso a fontes de informações hipermídia. O Dynabook seria produzido em um custo baixo, de forma que ele poderia estar disponível para cada criança na escola. Ainda hoje o Dynabook não foi implementado com os conceitos originais.

Nielsen concluiu que o hipertexto tem uma surpreendente e rica história comparada com a maioria dos fenômenos na indústria de computadores pessoais. O hipertexto foi concebido em 1945, nasceu em nos anos 60, lentamente alimentado nos anos 70 e finalmente entrou no mundo nos anos 80, com um crescimento rápido depois de 1985. Durante 1989, o hipertexto se tornou um campo estabelecido com o

surgimento do primeiro jornal científico especializado, “hypermedia”, publicado por Taylor Graham e muitas conferencias bem sucedidas.

II.3.2 Classes de Links

Pelo fato do sistema AntWeb ser um sistema de Navegação Adaptativa, tendo como objetivo à condução do usuário através dos links, convém aqui citarmos os principais tipos de links encontrados nas hipermídias do ponto de vista do usuário, que o AntWeb deve levar em consideração no processo de condução do usuário. São eles: “Links locais não-contextuais”, “Links contextuais ou Hipertexto Verdadeiro” e “Links do browser”.

Os Links locais não-contextuais são links independentes do conteúdo do nodo em que se encontram e geralmente são apresentados como conjunto de botões, uma lista ou um menu pop-up. Tais links são fáceis de manipular e podem ser classificados, ocultos ou anotados.

Os Links contextuais ou Hipertexto verdadeiro são os links vinculados ao contexto, tais como os representados por certas palavras ou frases em um texto ou por zonas especialmente delimitadas de uma imagem. Estes links podem ser anotados, mas não podem ser classificados nem totalmente ocultos.

Links do browser são os links providos pelo navegador como o botão voltar, página inicial, etc. Estes links permitem atalhar em qualquer tempo o curso da navegação oferecida pelo sistema. Eles estão em geral fora do controle do sistema, mas seu uso não pode deixar de ser considerado.

Os tipos de link, especialmente os dois primeiros tipos, devem ser levados em consideração ao escolher o tipo de técnica de adaptação a ser usada. Os links do browser devem ser levados em consideração, principalmente, na análise do log de acesso obtido do servidor web, uma vez que informações de navegação podem ser distorcidas devido aos recursos do browser do usuário. Por exemplo, as ações de retrocesso (uso do botão “voltar”) não aparecem no log devido ao cache de páginas que a maioria dos browsers possuem.

II.4 Hipermídia Adaptativa

A hipermídia Adaptativa foi a solução encontrada para unir a meta heurística da formiga com a navegação na Internet e fazer com que o usuário fosse

atraído pelo feromônio na abordagem do AntWeb adaptativo. Para a melhor escolha das técnicas de HA disponíveis e o melhor uso destas durante a implementação foi feito uma pesquisa na literatura. Esta seção é a compilação das principais informações a respeito de tema, extraídas da literatura relevantes ao AntWeb.

Hipermídia Adaptativa, segundo Brusilovsky [37], é a área de ciência da computação que se ocupa do estudo e desenvolvimento de sistemas, arquiteturas, métodos e técnicas capazes de promover a adaptação de hiperdocumentos e hipermídia em geral às expectativas, necessidades, preferências e desejos de seus usuários.

O AntWeb usa técnicas inerentes aos sistemas de HA do tipo navegação adaptativa, usando-as para direcionar a navegação do usuário no hiperespaço. Além dos sistemas do tipo navegação adaptativa existem também os sistema do tipo apresentação adaptativa que tem como objetivo adaptar o conteúdo das páginas. Aqui discutiremos apenas os tópicos de HA relacionados à navegação adaptativa, deixando de lado a apresentação adaptativa.

II.4.1 Modelo do Usuário

Apesar do AntWeb possuir quase nenhuma modelagem de usuário, o modelo de usuário é um conceito muito importante quando se trata de Hipermídia Adaptativa. O AntWeb não personaliza o hipertexto, pelo menos nestas pesquisas iniciais, mostrando uma hipermídia só para todos os usuários.

A idéia básica da modelagem de usuário é representar o usuário por atributos que correspondem a suas características. Segundo [18] existem pelo menos seis características associadas a um usuário que podem ser levadas em consideração:

- seus conhecimentos;
- seus objetivos;
- sua história;
- sua experiência;
- suas preferências; e
- sua velocidade no aprendizado;

A única característica do usuário que o AntWeb leva em consideração é a experiência que é a característica que diz respeito às ações que o usuário executou

durante o uso do sistema de HA em questão, ou seja, a experiência do usuário com o sistema de HA. O AntWeb usa as trajetórias que o usuário executou durante a navegação do hipertexto para determinar as quantidades de feromônio a serem adicionadas.

II.4.2 Ciclo clássico de adaptação

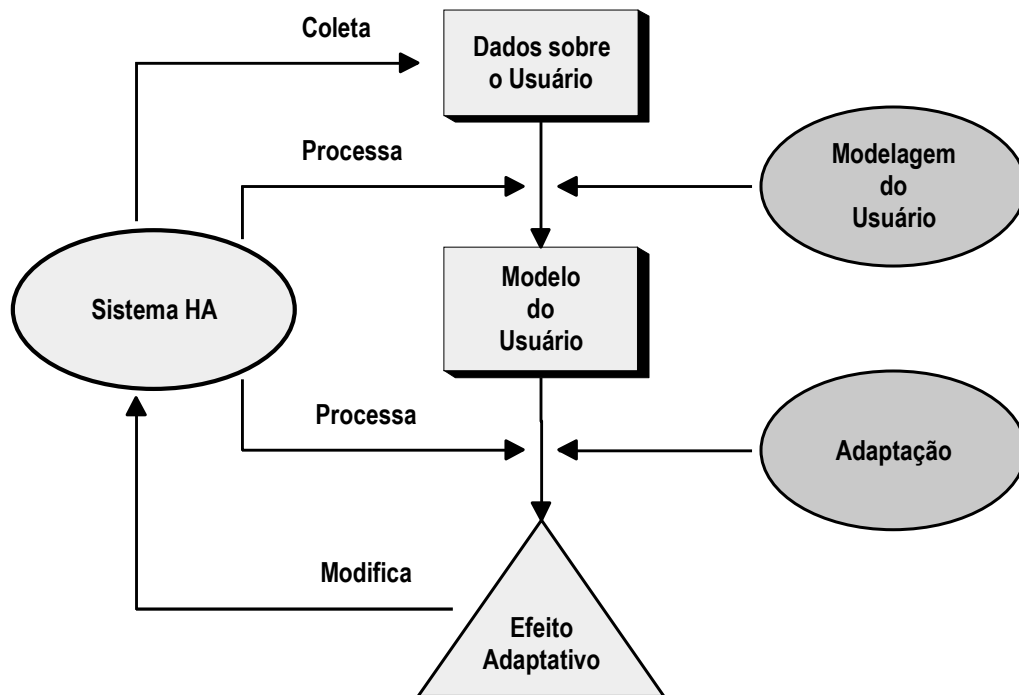


Figura 16 – Ciclo clássico de adaptação

Segundo [18] o ciclo clássico de adaptação dos sistemas de HA é mostrado na Figura 16. O ciclo constitui-se basicamente na coleta de dados do usuário, no processamento desses dados para se obter o modelo do usuário, na geração do efeito adaptativo baseado no modelo do usuário e na aplicação do efeito adaptativo no sistema de HA que será mostrado ao usuário. Após o usuário receber a nova hipermídia adaptada, este gerará mais dados que serão coletados novamente pelo sistema.

Todos os processos são feitos pelo sistema de HA. Para fazer a modelagem do usuário o sistema HA faz uso das regras de modelagem. Para fazer a adaptação, ou seja, obter o efeito adaptativo através do modelo de usuário, o sistema de HA faz uso das regras de adaptação.

II.4.3 Navegação Adaptativa

O objetivo da Navegação Adaptativa é auxiliar o usuário a encontrar seu caminho no hiperespaço. No contexto deste trabalho, navegação é o movimento efetuado por usuários ao longo das estruturas do hipertexto enquanto procura a informação desejada. Promover uma navegação adaptativa significa apresentar uma interface adaptada para o usuário à medida que este navega rumo à informação desejada.

Os métodos de navegação adaptativa são as estratégias usadas pelos sistemas de HA para auxiliar o usuário em relação à sua navegação na hipermídia. O método usado no AntWeb é classificado na HA como Condução Global (CG), pois o sistema procura conduzir o usuário pelo caminho mais curto até seu objetivo no hiperespaço. Na CG o objetivo do usuário se encontra em um ou mais nodos e o sistema deve conduzir o usuário na direção deles, oferecendo a cada passo o link apropriado.

Além do método Condução Global, existe o método Condução Local (CL), o método Suporte à Orientação Local (OL) e o método Suporte à Orientação Global (OG).

A Condução Local tem objetivo semelhante ao da CG, porém um alcance muito menor, ocupando-se de um único passo ao invés de todo um caminho. A condução deve ser reformulada a cada passo e tenta apresentar ao usuário os links mais relevantes.

O método Suporte à Orientação Local consiste em auxiliar o usuário a entender seu posicionamento no hiperespaço local. É normalmente implementado por meio de informação adicional sobre os nodos que podem ser acessados a partir do nodo corrente.

O método Suporte à Orientação Global tem como objetivo auxiliar o usuário a entender a estrutura de todo o hiperespaço que constitui o domínio de navegação do sistema. Em sistemas não-adaptativos isto é oferecido por meio de marcos visuais e mapas globais que auxiliam o usuário a localizar sua posição.

II.4.3.1 Técnicas de Navegação Adaptativa

Segundo [18] as técnicas de navegação adaptativa são os recursos usados pelos sistemas de HA para informar ou influenciar o usuário no seu processo

de navegação. As principais técnicas de Navegação Adaptativa são: “Orientação Direta” (OD), “Classificação Adaptativa” (CA), “Ocultação Adaptativa” (OA), “Anotação Adaptativa”, “Geração de Links” e “Mapas Adaptativos” (MA).

A Orientação Direta é a técnica mais simples de suporte a navegação adaptativa. Consiste em decidir, em cada ponto da navegação, qual o melhor nodo a ser visitado a seguir. Esta técnica tem como desvantagem não oferecer suporte no caso do usuário não desejar seguir a sugestão do sistema.

A Classificação Adaptativa consiste em classificar os links de um nodo de acordo com sua relevância. Apesar de bastante útil, seu uso na prática se restringe aos links não-contextuais.

Ocultação Adaptativa é a técnica mais freqüentemente empregada em navegação adaptativa. Consiste em restringir o espaço de navegação, ocultando os links para nodos não-relevantes. Seu uso protege o usuário da complexidade de um hiperespaço irrestrito e reduz a sobrecarga cognitiva. Uma das vantagens desta técnica, é que pode ser empregada com todos os tipos de links, exceto, é claro, os do browser.

A Anotação Adaptativa consiste em aumentar a informação existente nos links com alguma forma de anotação ou comentário que podem dizer mais sobre o estado corrente dos nodos a que se conectam. Esta informação adicional pode ser oferecida sob a forma de texto ou sob a forma de indicadores visuais.

A Geração de Links consiste em criar links adicionais automaticamente nos nodos. Uma das desvantagens desta técnica é o aumento no número de links existentes nos nodos, aumentando a sobrecarga cognitiva e tornando o hiperespaço mais complexo.

Os Mapas Adaptativos gráficos ou índices criados automaticamente com o objetivo de ajudar o usuário a entender a estrutura do hiperespaço locais ou simplesmente fornecer uma visão do hiperespaço em algum aspecto. Outras técnicas de navegação adaptativa podem ser empregadas nos mapas adaptativos.

O AntWeb, como um sistema de orientação global puro, orienta o usuário na navegação da estrutura original de links e nodos já existentes no hiperespaço, evitando criar novos elementos na estrutura do hipertexto. Assim todas as técnicas, com exceção dos mapas adaptativos e a geração de links são empregáveis no contexto do AntWeb. A escolha da melhor técnica para influenciar o usuário vai

depende das restrições impostas pelo ambiente em que está sendo empregado o sistema.

CAPÍTULO III - ANTWEB PARA AVALIAÇÃO DE ESTRUTURAS DE WEB

Este capítulo descreverá o principal trabalho relacionado ao AntWeb adaptativo que é o AntWeb para avaliação de estrutura de Web Sites desenvolvido por Li Weigang e colegas [17,36 e 25].

O AntWeb para avaliação de estruturas de Web sites surgiu a partir da necessidade de medir a eficiência da estrutura de web sites após a adição de links sugerida por um sistema de Web Mining que implementava o algoritmo de Srikant [44].

O trabalho de Srikant consistia em um algoritmo que descobria localizações esperadas pelos visitantes do site para suas páginas alvo usando informações contidas no log do servidor web. Seu algoritmo baseava-se na presunção de que quando o usuário toma determinado caminho para sua página alvo e descobre que ele tomou um caminho errado, ele usa o botão “voltar” do seu browser para retomar sua busca pelo caminho correto. Por exemplo, considere o web site da Figura 17. Suponhamos que, depois de examinarmos o log do servidor web, descobrimos que uma quantidade significativa de usuários faz o caminho {1A, 2A, 3B, 2A, 1A, 2C, 9} para chegar até a página alvo “9”. Podemos interpretar isto da seguinte forma: Eles iniciam na raiz e esperam encontrar a página 9 sob 2A, vão até 2A e depois para 3B. Constatado que 9 não está sob 3B, voltaram todo o caminho até a raiz, e finalmente encontra 9 sob 2C. Assim, podemos presumir que a localização esperada pelo usuário para sua página alvo 9 era 3B e ao invés de 2C.

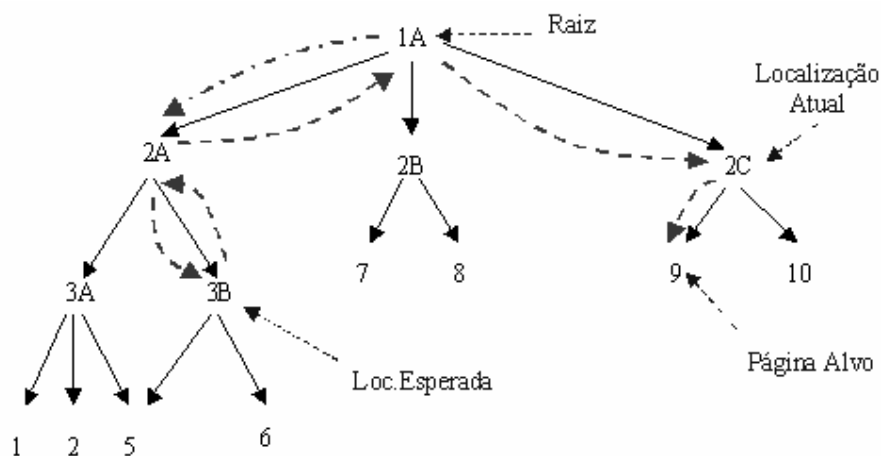


Figura 17 – Trajeto executado por usuários para encontrar a página 9

Assim, com base nestas informações, o webmaster poderia fazer alterações na estrutura do Web site para que este reflita melhor a expectativa dos usuários do site, como por exemplo, a inserção de um link na página 3B para a página 9 conforme mostrado na Figura 18.

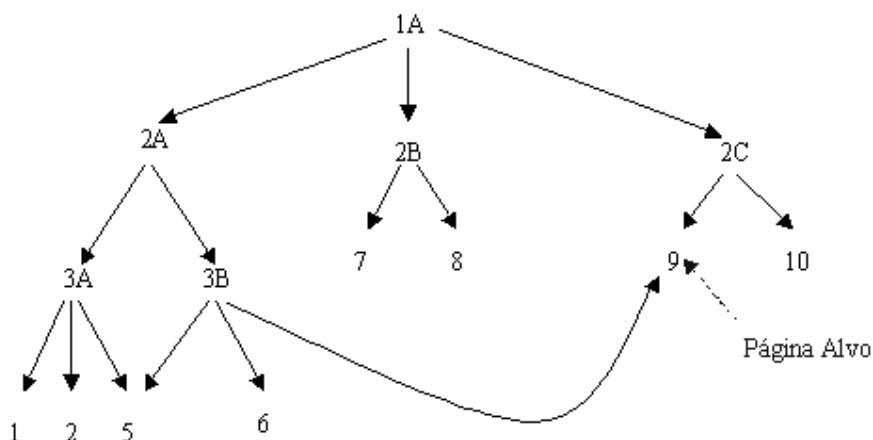


Figura 18 – Nova estrutura do site após a inserção de um novo link

Outra contribuição deste trabalho de Srikant foi o método usado para inferir a(s) página(s) alvo(s) nas rotas que os usuários realizaram no Web Site, que tinha como base o tempo que o usuário permanecia na página.

Apesar das suas contribuições, seu trabalho deixou questões pendentes, como por exemplo um método para avaliar a eficiência da nova estrutura em relação à antiga. Foi visando preencher esta lacuna que o AntWeb para avaliação de estruturas surgiu. O AntWeb fornecia uma medida de eficiência chamada *throughput* calculada a partir de informações obtidas do processo de Webmining e de simulações de visitantes caminhando na estrutura do site, usando o algoritmo *AntSystem* de Marco Dorigo [31].

A seguir descreveremos a implementação do algoritmo de Srikant, o modelo AntWeb para avaliação de estruturas e os experimentos realizados envolvendo o AntWeb.

III.1 Implementação do Algoritmo de WebMining de Srikant

O algoritmo de Srikant foi implementado em linguagem Java e banco de dados Access na fábrica de softwares da empresa Politec. O software desenvolvido foi usado para extrair informações do log do servidor web em que estava hospedado o site da empresa com objetivo de detectar problemas eventuais existentes neste. O

sistema foi dividido em três processos distintos:

- O processo de filtragem de informações do arquivo de log.
- O processo de preenchimento da tabela de Backtracks.
- O processo de extração de informações da tabela de Backtracks.

Os três processos são dependentes entre si, de forma que cada um depende da saída do processo anterior. Assim eles devem ser realizados na seqüência informada, pois cada um depende do anterior. Cada um dos três processos é descrito abaixo:

III.1.1 O processo de filtragem de informações do arquivo de log

É o processo que seleciona os logs do Arquivo de Log e os transfere para tabela de log. Este processo manipula três objetos:

Arquivo de log: O arquivo de log é um arquivo do tipo texto que o servidor web usa para registrar os acessos às páginas e elementos feitos pelos usuários que navegam pelo servidor. A cada acesso feito no servidor, este acrescenta uma linha no arquivo de log como no exemplo abaixo:

```
10.61.3.47, POLITEC-BSB\edvans, -, Y, 1/22/01, 9:23:03, 1, -, -, www.xdrive.com, -,  
80, 844, 792, 826, http, -, -, http://www.xdrive.com/images/tech/login/button_login.gif,  
-, Inet, 200, 8392706
```

Nele ficam registrados os acessos externos feitos a arquivos que fazem parte do site. Esses arquivos podem ser figuras, páginas HTML etc. É o objeto base para a realização do webmining. É deste arquivo que vamos "minerar" todas informações para reestruturação do site.

Tabela de páginas: É a tabela em que estão registrados todos os arquivos HTML que representam as páginas do nosso site em estudo. Esta tabela é fornecida pelo administrador Web do site. Ela servirá para fazer a filtragem dos logs contidos no arquivo de log. No arquivo de log estão registrados os acessos a todos os arquivos do site, inclusive arquivos que não são de interesse do sistema webmining. A função desta tabela é informar ao sistema quais arquivos devem ser filtrados do arquivo de Log.

Tabela de logs: Para facilitar a manipulação dos dados contidos no log do servidor, nós utilizaremos uma tabela intermediária que conterà os dados filtrados do log do servidor. Esta tabela conterà todos os logs filtrados do Arquivo de log pelo

processo de filtragem de dados. A tabela é formada pelos seguintes atributos:

Idvisitante: É a chave que identifica o visitante do Site. Normalmente é o endereço IP que o visitante possuía na seção em que acessava o site.

Página: A URL da página que o visitante visitou.

Ex: <http://www.politec.com.br/produtos/impressao.htm>

DataHora: A data e hora em que o visitante acessou a página. Este atributo servirá para determinar a ordem de visita das páginas que o visitante acessou no site. Este dado será importante no processo de criação da Tabela de localizações esperada descrita na próxima seção.

Toda essas informações existem também no arquivo de log, sendo apenas transferidas para esta tabela para uma formatação mais apropriada.

O processo de filtragem é um processo mais simples dos três e consiste apenas em selecionar dados do arquivo de log baseando-se na tabela de páginas. O objetivo deste processo é filtrar apenas os logs necessários ao sistema e armazená-los na tabela de log. O algoritmo detalhado deste processo é descrito no Anexo A .

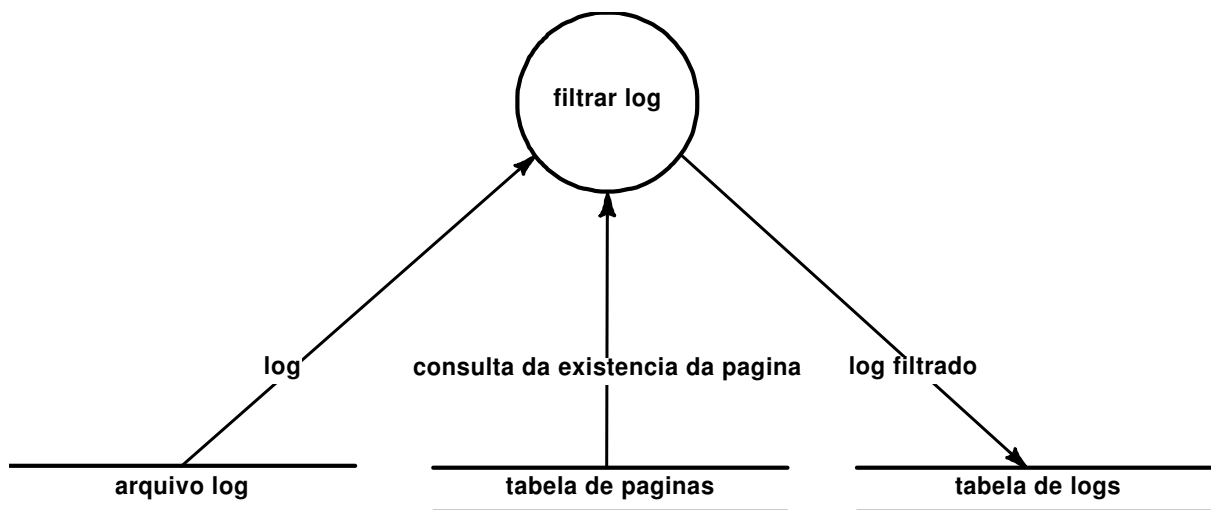


Figura 19 – Processo de filtragem do arquivo de log

III.1.2 Os processos que envolvem a tabela de backtracks

O primeiro processo feito com a tabela de backtrack é o seu preenchimento usando a tabela de logs preenchida no processo anterior. É este processo que descobrirá as localizações esperadas de cada página alvo. Este processo utiliza três objetos:

Tabela de logs: Esta tabela é preenchida pelo processo anterior e que é

a base para a montagem da tabela de localização esperada.

Tabela de links: Para se descobrir se o visitante passou de uma página para outra através do botão voltar do navegador ou através de algum link contido na página, esta tabela é fundamental. Nela estão cadastrados os links entre as páginas no site. Esta tabela deve ser fornecida pelo Administrador Web do site. Possui os seguintes atributos:

PáginaPai: Possui a URL da página que contém o link.

Página: Possui a URL da página que esta sendo apontada pelo o link.

Tabela de backtracks: Esta é a tabela usada para realização das estatísticas que informaram ao Administrador Web as mudanças na estrutura do site. Esta é a tabela que será usada pelo próximo processo. É formada pelos seguintes atributos:

PáginaAlvo: É a página que o visitante procurava. O sistema reconhece essa página através do valor threshold.

LocalizaçõesEsperadas1 até LocalizaçõesEsperadasN: São as páginas que o visitante supostamente esperava encontrar um link levando a sua página alvo. Estas páginas são inferidas através das ações de backtrack, ou seja, quando o visitante usa o mecanismo de voltar a página anterior do seu browser. Na tabela haverá um número N de atributos de Localização Esperada, pois o visitante, durante a navegação, pode ter acessado N páginas esperando que, em alguma delas, existisse link para sua página alvo. Quando o número de Localizações Esperadas é inferior a N, os atributos restantes terão valor nulo.

LocalizaçãoAtual: Localização atual do link que levou o visitante a sua página alvo.

A tabela de backtracks é o objetivo deste processo. Ele depende do processo descrito anteriormente, pois a matéria prima que ele usa para criação da tabela de localizações esperada é a tabela de logs.

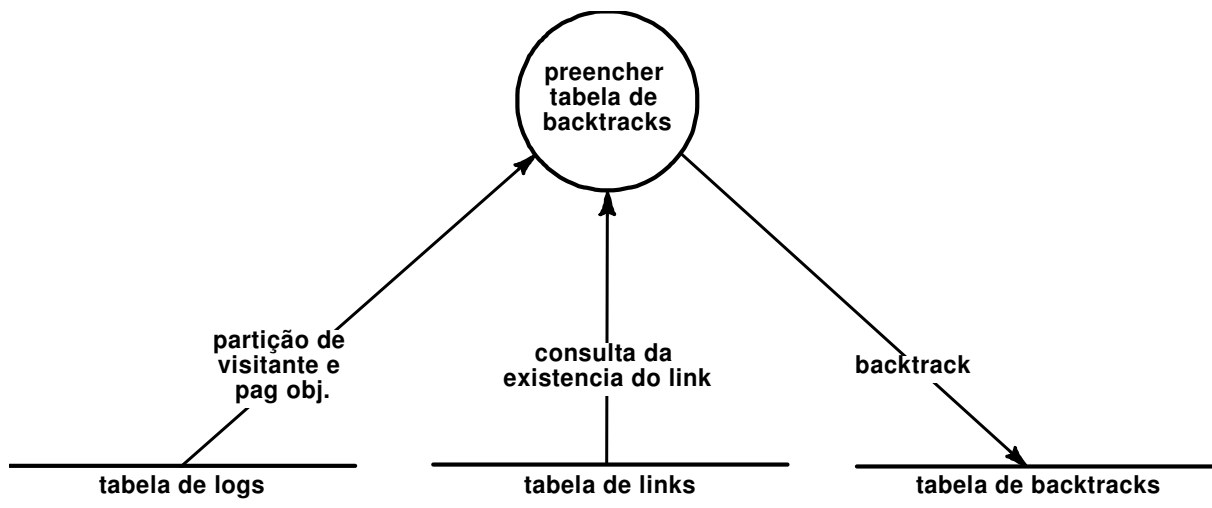


Figura 20 – Processo de preenchimento da tabela de backtrack

Depois de preenchida a tabela de backtracks, é realizado o processo de extração de informações da tabela de backtracks. Este é o processo que obtém as informações úteis para reestruturação do site. Este processo usa a tabela de backtracks e dependendo da abordagem escolhida, outras informações como o benefício de visitas do site.

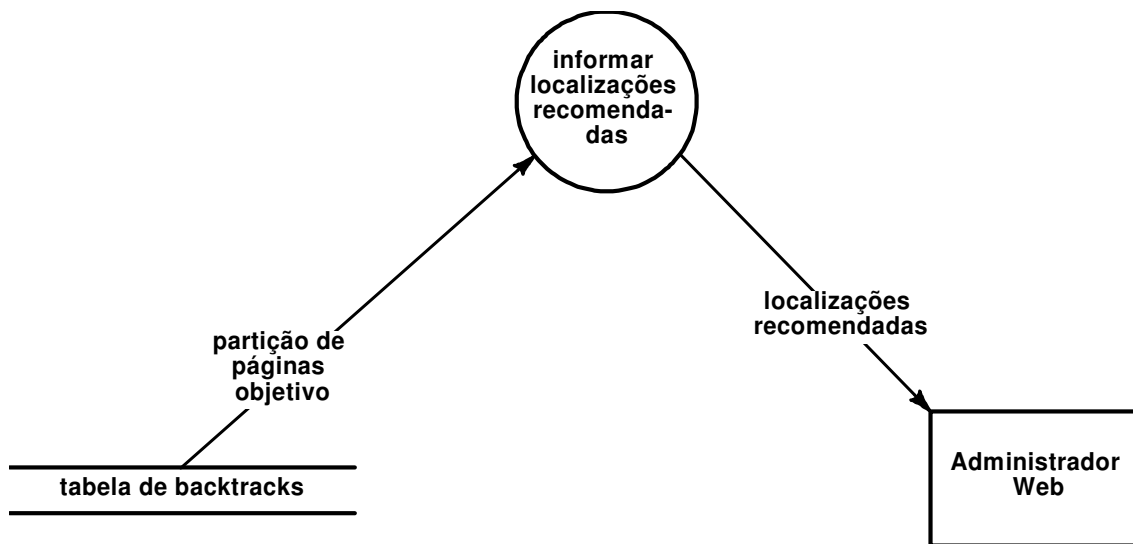


Figura 21 – Processo de extração de informações da tabela de backtrack

O algoritmos usado nas duas etapas descritas nesta seção estão descritos em detalhe no Anexo A .

III.2 Modelo AntWeb para avaliação de estruturas

Este trabalho desenvolvido por Li Weigang e sua equipe na Universidade de Brasília [25] consistia na mensuração de estruturas de website usando os princípios do algoritmo-formiga desenvolvido por Marco Dorigo.

O trabalho começou da observação de que muitos websites perdiam visitantes por não ter uma estrutura eficiente. Na Politec Informática Ltd., foi pedido a 12 analistas para abrirem contas em dois bancos conhecidos no Brasil que chamaremos de banco A e banco B. Em média, os usuários levaram 22 segundos para concluir a tarefa no banco A passou por 3 páginas para chegar no formulário apropriado enquanto no banco B a média foi de 106 segundos. A razão para o sucesso do banco A foi um banner colocado na página inicial do Site do banco. Este banner funcionou como um feromônio atraindo a formiga. O banner levou o visitante diretamente a página que ele queria, que é similar ao que acontece quando a formiga descobre o menor caminho entre a fonte de alimento e o ninho.

Existem muitos trabalhos no sentido de melhorar a estrutura de websites [35 e 44], mas eles possuíam a limitação de não fornecerem um parâmetro de avaliação das modificações. Este AntWeb para avaliação de estruturas Web preencheu esta lacuna vazia.

Para isto, o modelo simulava a visitação do website baseado no comportamento da formiga. Um conceito muito importante neste modelo é o *throughput*, ou seja, o número de visitantes que alcançaram suas páginas objetivo por unidade de tempo relativa ao número total de visitantes. O *throughput* era o índice que indicava a eficiência da organização do website. Até o momento o modelo considerava apenas o visitante que tinha como objetivo uma página.

Para provar a eficiência do modelo foi construído um simulador. O simulador, tendo a estrutura do WebSite já montada em seu banco de dados, criaria formigas virtuais, que seriam equivalentes aos visitantes do WebSite, que navegariam pela estrutura do WebSite escolhendo os links a ser seguidos de forma aleatória. No final da simulação, o programa apresenta o total de formigas que foram criadas e o total de formigas que conseguiram chegar até a página alvo durante o tempo de simulação.

O índice que indicava o quanto a estrutura do WebSite era boa, o *throughput*, era o número de visitantes que alcançaram sua página alvo por unidade

de tempo relacionadas ao total de visitantes.

Durante a simulação, à medida que iam caminhando entre os links, as formigas depositavam feromônio neles. O simulador conseguia o efeito auto catalítico fazendo com que a probabilidade da formiga escolher um determinado link em uma página fosse maior quando este link possuísse bastante feromônio, o que fazia com que o total de formigas que chegasse na sua página objetivo aumentasse.

III.2.1 Processo de mensuração de WebSites

O processo consistia em duas etapas:

1- A execução do software que implementou o trabalho do Skirant. Nesta etapa eram obtidas as taxas de feromônio iniciais, que era a probabilidade do usuário escolher determinado link considerando determinada página objetivo

2- A execução do simulador propriamente dito. Depois de feita as devidas modificações sugeridas pelo algoritmo de Skirant, o simulador era usado para avaliar a eficiência da modificação que era feita através do *throughput*.

III.2.2 Simulação com um modelo simples

Neste experimento [25], o tempo inicial de simulação é igual a zero e o intervalo de geração de visitantes é igual a 5 segundos. Cada vez em que é gerado um visitante é também gerada uma variável aleatória. A probabilidade $P_{(1A,2A)}$ para o visitante seguir a rota (1A, 2A) é fixada como 0,3, $P_{(1A,2C)}$ como 0,7. Os valores 0,3 e 0,7 foram obtidos de resultados do processo de WebMining. Se a variável aleatória do visitante ($A(i, t)$) for menor ou igual a 0,3 então o visitante tomará o caminho 2A, caso contrário tomará o caminho 2C. A Tabela 4 mostra a simulação com 12 visitantes.

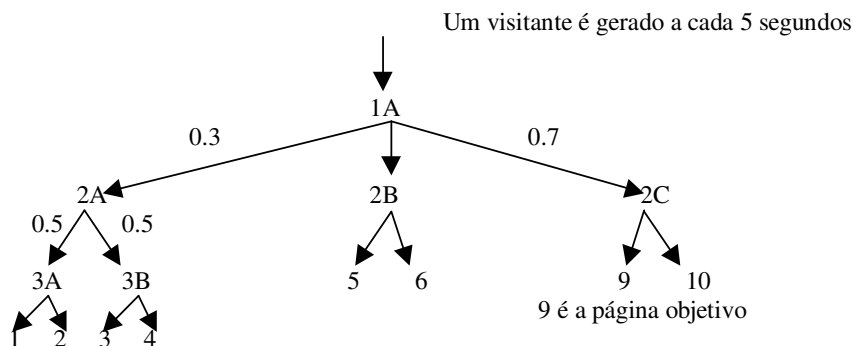


Figura 22 – A estrutura de um website simples

Tabela 4 – Simulação com um modelo simples

$\Delta t = 5 \text{ sec.}$

Tempo	Caminho do visitante											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A(1,t)	0.974	2C	-									
A(2,t)		0.182	2A	3A	2A	3B	2 ^A	1A	2C	-		
A(3,t)			0.917	2C	-							
A(4,t)				0.175	2A	3B	2 ^A	3A	2A	1A	2C	-
A(5,t)					0.435	2C	-					
A(6,t)						0.778	2C	-				
A(7,t)							0.571	2C	-			
A(8,t)								0.210	2A	3A	2A	3B
A(9,t)									0.791	2C	-	
A(10,t)										0.298	2A	3B
A(11,t)											0.322	2C
A(12,t)												0.655

III.2.3 Modelo de simulação AntWeb

O experimento anterior foi feito sem a aplicação do modelo AntWeb, ou seja, foi feito apenas considerando a situação normal de qualquer website. Agora explicaremos como é o modelo de simulação AntWeb e em seguida faremos a mesma simulação usando o modelo.

No modelo AntWeb os visitantes, ou seja as formigas, caminham pelo site da mesma forma como na situação anterior. A diferença é que à medida que as formigas caminham pelo site elas vão depositando feromônio nos links, fazendo com

que a probabilidade que as formigas posteriores escolham o caminho com feromônio, aumente na mesma proporção que a quantidade de feromônio depositado no link. A seguir explicaremos o modelo matemático usado no AntWeb.

Seja f uma formiga visitando uma página i no instante t . Seja K o conjunto dos links de i que **não** foram visitados por f até o instante t . A probabilidade da formiga f escolher o link (i,j) , caso $j \in K$, é dada pela seguinte fórmula:

$$p_{ij}^f(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \cdot [\eta_j]^\beta}{\sum [\tau_{ik}(t)]^\alpha \cdot [\eta_k]^\beta} \quad \forall k \in K, \text{ caso } j \in K \\ 0, \text{ caso o contrário} \end{cases}$$

Equação 9

onde:

- $\tau_{ij}(t)$ é a quantidade de feromônio na aresta (i,j) no instante t .

- α e β são parâmetros que definem a participação relativa do feromônio e do valor heurístico η_j no cálculo da probabilidade.

- η_j é definido como $\eta_j = 1/w_j$, onde w_j é soma do tempo de download com o tempo de visita da página j [25].

Após encontrar a página-alvo, uma formiga k deposita uma quantidade $\Delta\tau_{ij}^k(t)$ em todos os links, segundo a fórmula:

$$\Delta\tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} 1/nl^k(t), \text{ se } (i,j) \in T^k(t) \\ 0, \text{ se } (i,j) \notin T^k(t) \end{cases}$$

Equação 10

onde:

- $T^k(t)$ é o trajeto percorrido pelo formiga no instante t .

- $nl_k(t)$ é o número de links no trajeto $T^k(t)$.

A adição de feromônio e a evaporação são implementadas pela seguinte regra aplicada a todos os links:

$$\tau_{ij}(t) = (1-\rho) \tau_{ij}(t-1) + \Delta\tau_{ij}^k(t)$$

Equação 11

Onde ρ é um parâmetro do sistema e representa o coeficiente de decremento da trilha de feromônio.

III.2.4 Algoritmo do AntWeb para avaliação de estruturas

O algoritmo usado por AntWeb é delineado a seguir:

(1) - Aplica-se mineração de dados no log de acessos ao servidor web para conseguir a probabilidade inicial de escolher a página j quando se está na página i ; Iteração $p=0$;

(2) - Dentro de uma iteração, o sistema lança uma *formiga*(k) na homepage (raiz) do site s a cada instante (t) com uma página de destino d aleatoriamente escolhida (neste trabalho, nós ainda nos limitaremos a uma só página destino).

(3) - Cada *formiga*(k) seleciona a próxima página usando a informação armazenada na tabela de roteamento. A rota é selecionada, seguindo um esquema randômico, proporcional à probabilidade de cada página vizinha.

(4) - O identificador de cada página i visitada e o tempo decorrido desde o lançamento da formiga até chegar a sua j -ésima página são armazenados em uma pilha de memória levada pela *formiga* (k).

(5) - Quando a *formiga* (k) alcança a página de destino d , ela morre (esse trabalho, assumimos que o visitante pára na página de destino). A formiga deposita uma quantidade de feromônio $\Delta\tau_{ij}^k(t)$ em cada link que ela visitou em seu trajeto $T^k(p)$ (Equação 10).

(6) - O sistema atualiza o feromônio nos links ao longo do trajeto da *formiga*(k). A tabela de roteamento é alterada incrementando-se as probabilidades associadas com links pertencentes ao trajeto, e diminuindo-se (por normalização) as probabilidades associadas aos demais links.

(7) - $p=p+1$, se necessário.

III.2.5 Simulação usando o modelo AntWeb

A seguir faremos a mesma simulação no site da Figura 22 só que desta

vez usando o modelo AntWeb. Os resultados podem ser vistos na Tabela 5. Note que houve um aumento substancial na quantidade de visitantes que atingiram a página objetivo, o que mostra que o modelo AntWeb torna a estrutura do website mais eficiente.

Tabela 5 – Simulação usando o modelo AntWeb

$\Delta t = 5 \text{ sec.}$

Tempo	Caminho do visitante											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A(1,t)	0.974	2C	-									
A(2,t)		0.182	2A	-								
A(3,t)			0.917	2C	-							
A(4,t)				0.175	2A	-						
A(5,t)					0.435	2C	-					
A(6,t)						0.778	2C	-				
A(7,t)							0.571	2C	-			
A(8,t)								0.210	2A	-		
A(9,t)									0.791	2C	-	
A(10,t)										0.298	2A	-
A(11,t)											0.322	2C
A(12,t)												0.655

III.2.6 Aspectos da implementação

O programa foi implementado na linguagem Java usando o banco de dados relacional Microsoft Access como base de dados. O código fonte contou com aproximadamente 1538 linhas de código e o banco de dados com apenas três tabelas. A linguagem Java foi escolhida por ser uma linguagem orientada a objeto, e por facilitar a separação dos elementos dos sistemas em classes.

O banco de dados no contexto do simulador, serviu para armazenar a estrutura do WebSite. Foi projetado de forma que pudesse guardar a estrutura de mais de um WebSite ao mesmo tempo. O banco de dados foi constituído das seguintes tabelas:

Tabela WebSite - Agrupa em websites as páginas armazenadas no banco. Indica também qual a homepage e página destino de cada website.

Tabela página - Representa as páginas do website. Guarda o tempo de

download e de visita de cada página. Por tratar-se de um modelo relacional (e não orientado ao objeto) não guarda referências aos links que cada página possui; no modelo relacional os links fazem referência tanto à página-pai quanto à página-filho.

Tabela link - É uma tabela de relacionamentos, pois relaciona as páginas entre si. Armazena o feromônio presente nos links.

A Figura 23 mostra os relacionamentos entre as tabelas usando o próprio IDE do Microsoft Access:

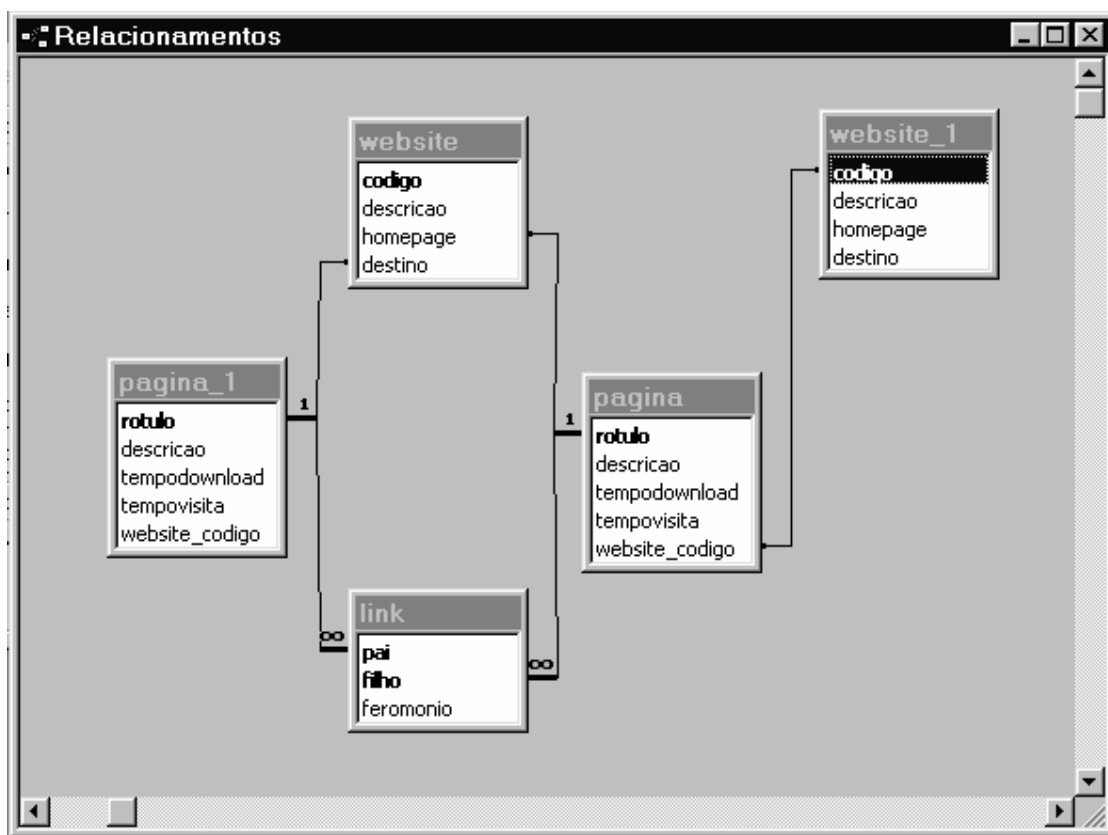


Figura 23 – Relacionamentos entre as tabelas do BD.

O sistema foi desenvolvido usando o paradigma orientado a objeto. Aqui mostramos apenas os principais diagramas do sistemas. A Figura 24 mostra o diagrama focalizando as classes de negócio e persistência e a Figura 25 mostra o diagrama focalizando as classes de interface. Os diagramas seguem a linguagem UML, que hoje é a linguagem padrão para descrição de sistemas orientados a objeto [12].

Nos diagramas mostrados, cada retângulo representa uma classe. Os retângulos possuem três compartimentos. No primeiro compartimento de cima para

baixo, foi colocado o nome da classe, no segundo foram listados os atributos e no compartimento inferior foram listados os métodos.

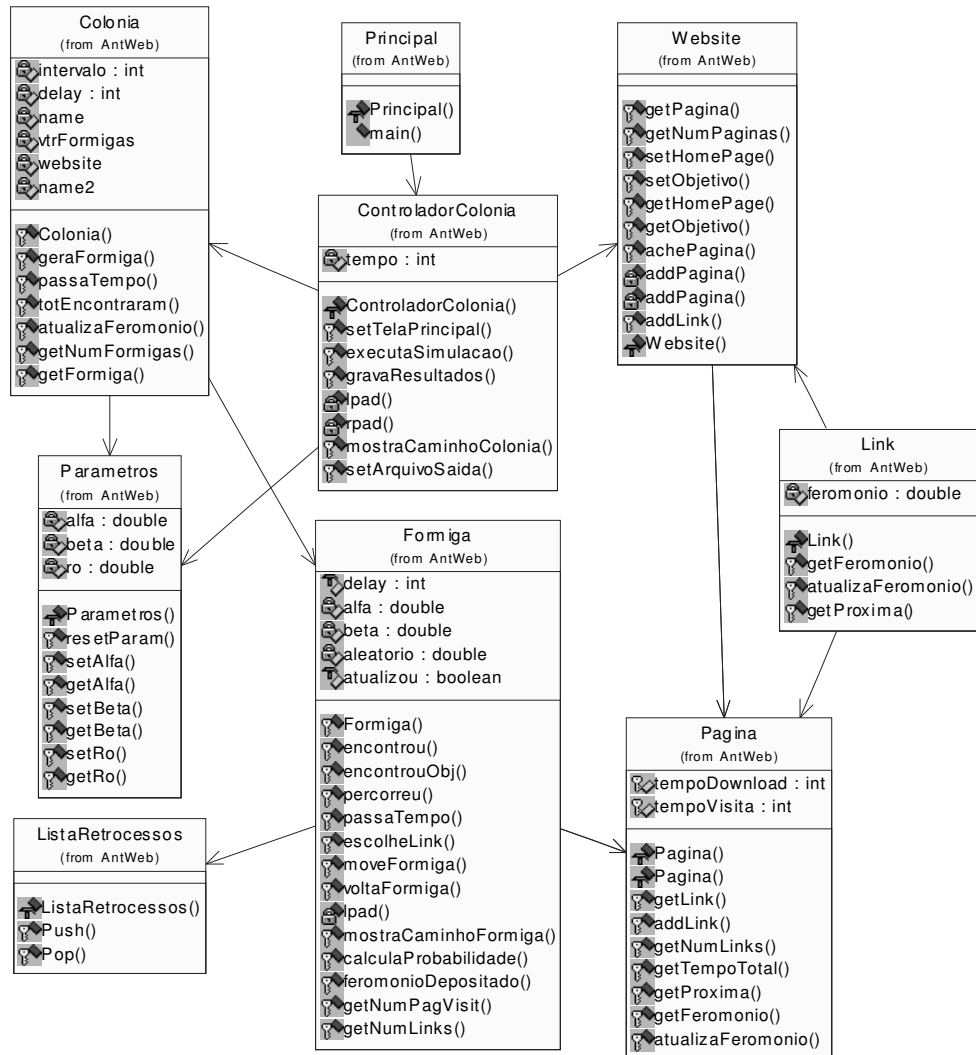


Figura 24 – Diagrama de classes de entidade.



Figura 25 – Diagrama de classes de interface.

A seguir, apresentamos as principais classes usadas no sistema:

Classe Colônia - Classe responsável pela coordenação entre as formigas.

Classe ControladorColonia – É a classe responsável pela interação entre as classes Colônia, TelaPrincipal, Website e Parâmetros.

Classe Formiga – É a classe que corresponde aos componentes de software que percorrem o WebSite em busca da página alvo definida. Todas elas têm como ponto de partida a homepage do website. Uma formiga escolhe a próxima página a visitar com base no feromônio presente em cada um dos links de sua localização corrente.

Classe Link – Classe responsável pelo relacionamento entre as páginas e

guarda uma determinada quantidade de feromônio.

Classe Pagina - Representa uma página do WebSite. Cada página pode possuir links para outras páginas.

Classe Website - Guarda referências a todas as páginas do WebSite. Armazena também referências para a homepage e a página-objetivo.

III.3 Resultados obtidos

Para testar o funcionamento de AntWeb, foi utilizada a estrutura do site da Politec informática. O site possui 358 páginas e 389 links e tem em média 2700 visitantes por dia. Cerca de 17% dos acessos, são feitos pelos próprios funcionários. A estrutura do site, é montada em tempo de execução em memória, facilitando recursos de máquina e tempo de leitura e comparações. A estrutura do site é listada no Anexo A .

Foram feitas 3 baterias de teste, com as três situações descritas a seguir:

Situação 1 – A estrutura original do website. A página-alvo situa-se a 5 links de profundidade a partir da homepage;

Situação 2 – A mesma estrutura da situação 1, com um link a mais na página http://intranet/menus/menu_relacao_equipamentos_quadro_total.htm apontando para a página objetivo. Com este acréscimo, surge um caminho alternativo para que a formiga alcançar seu objetivo, diminuindo a distância para 4 links.

Situação3 – A estrutura original, com um link a mais na página http://intranet/menus/menu_relacao_equipamentos_quadro_resumo.htm apontando para a página objetivo, fornecendo um caminho alternativo para a formiga com apenas 2 links de distância.

O objetivo do experimento foi estimar o benefício de alterações feitas no website. Em todas as situações, foi utilizada a página http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/gerencia_filial/quadro_geral_maquinas.htm como página objetivo. O intervalo de geração de formigas foi 5 segundos. Todos os links receberam uma taxa inicial de feromônio igual a 1. A taxa de evaporação de feromônio configurada como 0,5 e os parâmetros Alfa e Beta foram configurados como 1 e 5 respectivamente.

Para cada uma das situações descritas foram realizadas baterias de

testes para calcular o rendimento (*throughput*) do site, cada bateria composta de 20 execuções da simulação. A primeira bateria foi composta de simulações de 60 segundos de execução cada uma. As demais baterias foram compostas de simulações de 360, 660, 960, 1260, 1560, 1860, 2160 e 2460 segundos cada uma. Tabulados os dados, foram calculados a média e o desvio padrão de cada uma das baterias.

III.3.1 Situação 1: Apenas 1 caminho de 5 links para o objetivo

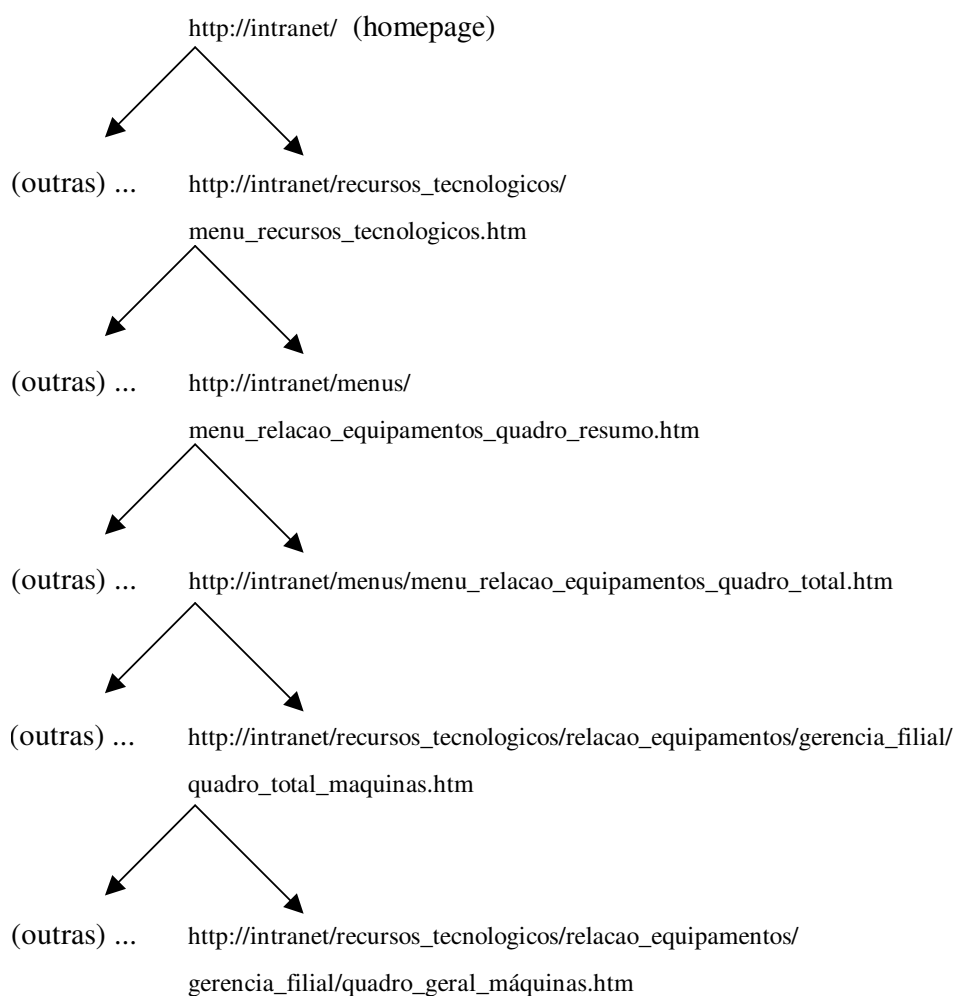


Figura 26 – Situação com apenas 1 caminho de 5 links

Tabela 6 – Rendimento obtido com página-alvo a 4 links de profundidade

Tempo (seg)	60	360	660	960	1260	1560	1860	2160	2460
Tempo (min)	1	6	11	16	21	26	31	36	41

Execução 1	0,00	34,72	68,94	76,56	83,73	85,58	87,90	89,81	91,26
Execução 2	0,00	34,72	68,18	77,08	84,52	88,46	88,44	91,20	90,04
Execução 3	0,00	34,72	66,67	73,96	82,94	85,58	88,44	90,28	91,06
Execução 4	0,00	41,67	71,97	75,00	80,16	85,58	87,63	90,28	90,65
Execução 5	0,00	31,94	63,64	77,08	84,13	85,90	87,90	90,28	90,65
Execução 6	0,00	45,83	68,94	78,13	82,94	85,26	87,63	90,05	91,06
Execução 7	0,00	41,67	68,94	78,13	83,73	85,90	88,71	91,20	91,46
Execução 8	0,00	36,11	71,21	77,08	82,14	85,90	88,17	90,51	91,46
Execução 9	0,00	43,06	63,64	75,52	82,94	86,54	88,44	89,58	90,65
Execução 10	0,00	45,83	68,18	78,13	84,92	86,22	89,78	89,58	90,65
Execução 11	0,00	40,28	69,70	78,65	82,54	87,50	87,90	90,05	90,04
Execução 12	0,00	37,50	67,42	78,13	82,54	84,62	89,25	89,12	91,06
Execução 13	0,00	40,28	72,73	73,96	80,16	86,54	88,71	88,66	90,45
Execução 14	0,00	40,28	68,18	77,60	80,95	86,22	88,71	89,12	90,85
Execução 15	0,00	41,67	68,18	76,04	82,14	86,86	87,37	89,81	91,06
Execução 16	0,00	34,72	67,42	77,60	82,14	87,82	89,25	89,12	91,06
Execução 17	0,00	40,28	64,39	75,52	82,14	85,58	87,37	88,89	91,46
Execução 18	0,00	38,89	65,15	77,60	81,75	86,54	86,02	90,28	90,24
Execução 19	0,00	40,28	68,18	75,52	84,52	86,54	88,17	90,51	91,87
Execução 20	0,00	38,89	67,42	79,69	80,95	87,50	88,98	89,58	91,06
Média	0,00	39,17	67,95	76,85	82,60	86,33	88,24	89,90	90,90
Desvio Padrão	0,00	3,79	2,47	1,55	1,39	0,94	0,84	0,71	0,49

III.3.2 Situação 2: Dois caminhos sendo 1 de 5 links e outro com 4 links

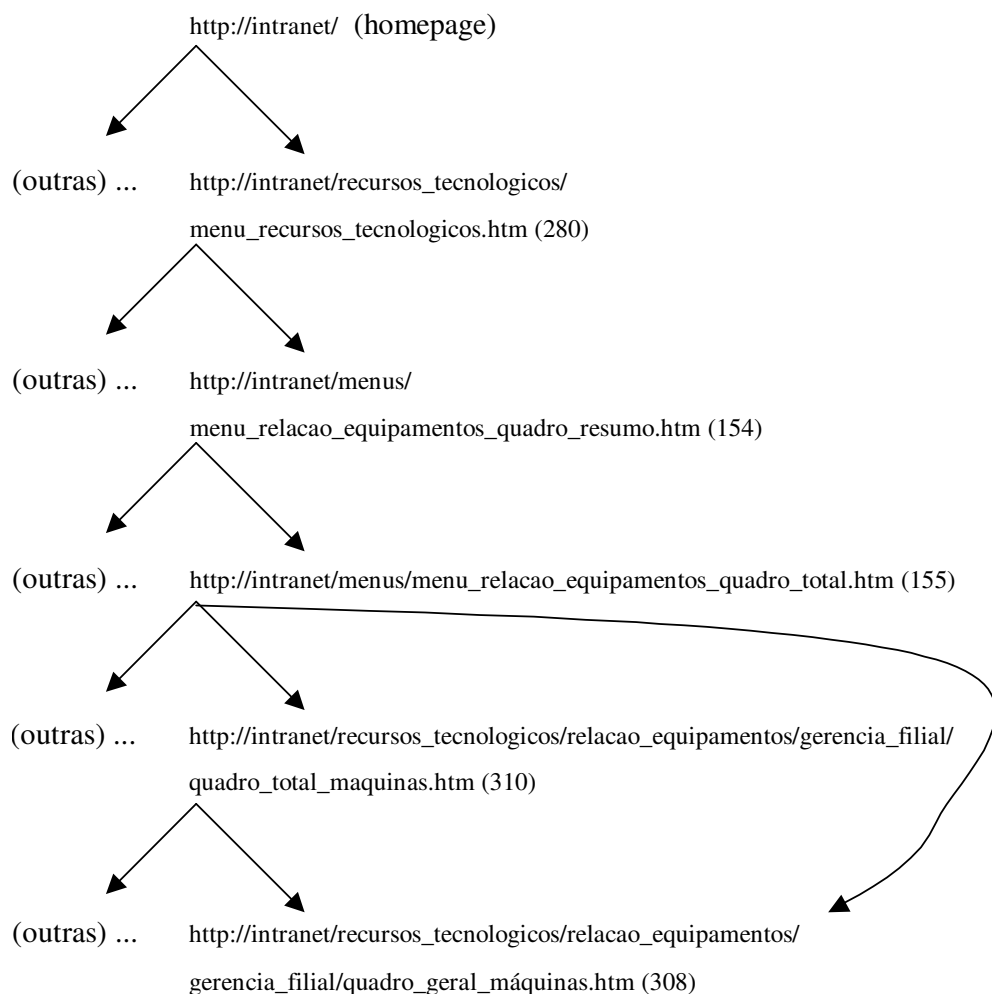


Figura 27 – Situação com um caminho de 4 links para o objetivo

Tabela 7 – Rendimento obtido com página-alvo a 3 links de profundidade

Tempo (seg)	60	360	660	960	1260	1560	1860	2160	2460
Tempo (min)	1	6	11	16	21	26	31	36	41
Execução 1	0,00	45,83	71,21	76,56	82,14	86,54	88,98	89,81	92,48
Execução 2	0,00	44,44	68,18	80,73	85,71	85,90	88,71	90,28	92,07
Execução 3	0,00	38,89	71,21	78,65	81,75	87,18	89,52	91,20	91,26
Execução 4	0,00	44,44	65,15	80,21	81,75	87,50	87,90	91,44	90,04
Execução 5	0,00	41,67	71,21	80,73	85,71	87,50	88,44	90,74	90,85
Execução 6	0,00	54,17	68,18	80,21	86,11	86,54	90,05	89,58	91,87
Execução 7	0,00	44,44	70,45	79,17	83,33	86,22	89,25	91,90	91,87
Execução 8	0,00	47,22	70,45	77,60	83,33	88,14	90,32	91,20	91,87

Execução 9	0,00	45,83	68,18	80,73	81,75	84,94	87,90	89,81	90,85
Execução 10	0,00	44,44	68,94	76,04	81,75	89,42	88,17	90,05	91,26
Execução 11	0,00	40,28	66,67	79,69	82,54	88,46	89,78	90,51	92,68
Execução 12	0,00	41,67	68,18	77,60	83,73	87,82	88,98	91,44	91,87
Execução 13	0,00	48,61	71,21	79,17	82,54	87,82	87,63	90,51	92,48
Execução 14	0,00	41,67	69,70	79,69	83,73	86,22	89,52	91,20	92,28
Execução 15	0,00	41,67	75,00	78,65	83,73	86,54	89,78	92,36	91,67
Execução 16	0,00	48,61	66,67	77,08	83,33	86,22	89,78	89,35	91,06
Execução 17	0,00	43,06	67,42	80,73	83,73	88,46	89,78	89,35	92,48
Execução 18	0,00	41,67	71,21	80,73	84,92	86,54	88,71	91,44	91,87
Execução 19	0,00	41,67	69,70	79,69	84,13	86,22	88,44	91,90	91,26
Execução 20	0,00	45,83	70,45	80,21	84,52	88,14	88,98	90,74	91,67
Média	0,00	44,31	69,47	79,19	83,51	87,12	89,03	90,74	91,69
Desvio Padrão	0,00	3,55	2,23	1,50	1,38	1,10	0,78	0,89	0,67

III.3.3 Situação 3: Dois caminhos sendo 1 com 5 links e outro com 2 links

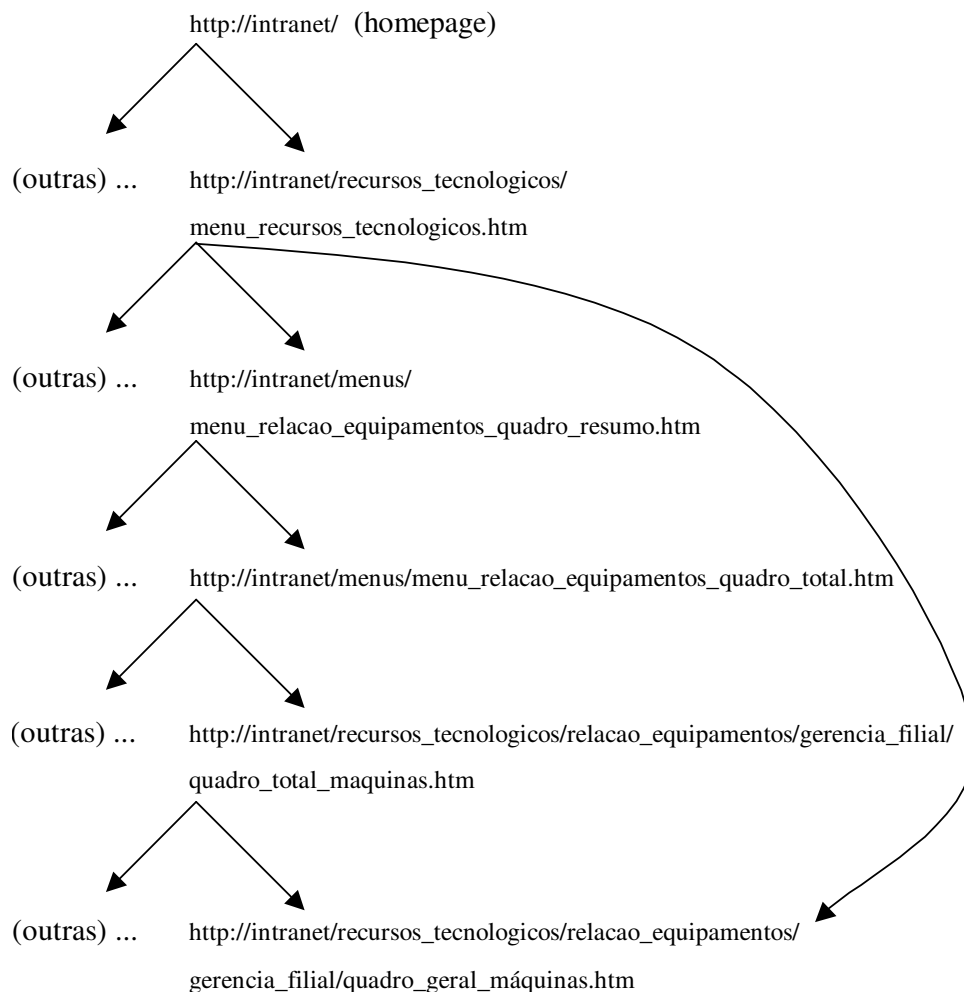


Figura 28 – Situação 3 com um caminho com dois links para o objetivo

Tabela 8 – Rendimento obtido com página-alvo a 2 links de profundidade

Tempo (seg)	60	360	660	960	1260	1560	1860	2160	2460
Tempo (min)	1	6	11	16	21	26	31	36	41
Execução 1	0,00	44,44	69,70	77,08	86,90	88,14	88,71	91,67	92,07
Execução 2	8,33	47,22	70,45	80,73	86,51	89,10	89,52	91,20	92,89
Execução 3	16,67	48,61	72,73	81,77	83,73	88,46	91,67	91,90	91,06
Execução 4	16,67	59,72	75,00	79,17	86,90	89,10	89,25	91,20	93,29
Execução 5	8,33	54,17	74,24	80,21	87,30	88,78	91,13	91,90	91,46
Execução 6	0,00	43,06	70,45	75,00	85,71	87,82	90,05	91,44	92,48
Execução 7	0,00	50,00	75,00	79,69	84,13	89,74	91,67	92,13	94,11
Execução 8	8,33	43,06	72,73	79,69	84,92	89,10	90,32	91,67	92,89

Execução 9	8,33	50,00	68,94	80,21	86,90	89,42	90,86	91,90	93,29
Execução 10	16,67	50,00	74,24	81,25	85,71	89,74	90,59	91,44	92,28
Execução 11	8,33	52,78	76,52	78,65	86,90	88,46	89,78	92,36	92,68
Execução 12	8,33	48,61	72,73	85,42	84,92	88,46	89,52	92,82	91,67
Execução 13	0,00	47,22	68,18	80,21	85,32	88,14	90,59	91,90	91,67
Execução 14	8,33	50,00	68,94	80,21	86,90	89,42	90,86	91,90	93,29
Execução 15	33,33	47,22	72,73	80,21	87,30	88,46	89,78	90,51	91,06
Execução 16	33,33	58,33	72,73	81,77	87,30	87,50	91,13	91,20	92,89
Execução 17	25,00	56,94	75,00	81,25	87,70	90,71	91,13	91,90	92,68
Execução 18	8,33	54,17	71,21	79,17	87,30	90,38	90,32	90,51	92,68
Execução 19	0,00	44,44	73,48	80,21	87,30	89,42	91,40	90,28	93,09
Execução 20	8,33	41,67	75,76	79,69	86,51	89,10	89,52	91,90	92,07
Média	10,83	49,58	72,54	80,08	86,31	88,97	90,39	91,59	92,48
Desvio Padrão	10,15	5,16	2,46	2,01	1,16	0,82	0,85	0,63	0,81

III.3.4 Análise dos resultados

Estas foram as médias de *throughput* obtidas das três situações:

Tabela 9 – As médias de throughput das três situações

Tempo (seg)	60	360	660	960	1260	1560	1860	2160	2460
Situação 1	0	39,17	67,95	76,85	82,6	86,33	88,24	89,9	90,9
Situação 2	0	44,31	69,47	79,19	83,51	87,12	89,03	90,74	91,69
Situação 3	10,83	49,58	72,54	80,08	86,31	88,97	90,39	91,59	92,48

O acréscimo de um link para a página objetivo na página http://intranet/menus/menu_relacao Equipamentos Quadro Total.htm resultando na situação 2, aumentou a eficiência do site. Da mesma o link na página http://intranet/menus/menu_relacao Equipamentos Quadro Resumo.htm da situação 3, apresentando uma melhora mais significativa pelo fato de diminuir a distancia da página objetivo para dois links, ao invés de quatro como é feito na situação 2.

Outro fato observado é que, com o aumento do tempo de simulação, o aumento do rendimento em relação a situação anterior diminui.

CAPÍTULO IV - ANTWEB ADAPTATIVO

Denominamos de AntWeb o estudo da aplicabilidade da meta heurística da formiga na Web. Este estudo até o momento possui dois aspectos: o aspecto para avaliação de estruturas de sites, apresentado no capítulo anterior, e o aspecto adaptativo que estudaremos neste capítulo.

O aspecto adaptativo, diferente do primeiro aspecto, trata do emprego da meta heurística da formiga no sentido de orientar o usuário da Internet no processo de navegação. Esta orientação viria sob a forma de adaptações dinâmicas nos sites, como por exemplo, o destacamento de links. Por isso o adjetivo “adaptativo”.

O AntWeb adaptativo envolve estudos como descobrir a melhor forma de promover a adaptação, como incorporar a nova metodologia na Internet atual e principalmente o desenvolvimento de uma heurística que informe ao usuário o melhor caminho a seguir. A expressão meta heurística significa uma heurística que serve para fazer outras heurísticas a partir dela. Assim, usando a meta heurística da formiga, desenvolvemos uma nova heurística que foi chamada de AntWeb.

Ao atingir um estágio em que nós já tínhamos um modelo concreto de como a meta heurística da formiga poderia ser aplicada à navegação na Internet, este modelo foi implementado como um serviço no web server, e foi colocado a disposição dos usuários da Internet por um determinado período.

Podemos dizer também que o AntWeb é um sistema pois a sua proposta permite a formação de um cenário em que partes coordenadas entre si concorram para um determinado resultado baseando-se em um conjunto de princípios. Neste contexto as partes coordenadas são os usuários da Web, que fazem um trabalho em conjunto para encontrarem suas páginas alvo. No estágio atual em que a Web se encontra, infelizmente ainda não existe nenhuma coordenação entre essas partes, justificando o desenvolvimento do sistema AntWeb.

Assim, AntWeb nos apresenta uma área de estudo através da aplicação de uma heurística, um serviço na Web e um sistema que propõe uma nova metodologia para guiar o usuário. Neste capítulo falaremos sobre a concepção do AntWeb e descreveremos os dois modelos desenvolvidos para aplicação da meta heurística da formiga na Web. Apresentaremos também uma comparação entre o AntWeb e outros sistemas formiga tradicionais, o algoritmo utilizado para atualização

do feromônio e o processo de adaptação da apresentação da página, entre outros aspectos estudados para implementação do modelo AntWeb na Web.

IV.1 A concepção do AntWeb Adaptativo

Nesta sessão descreveremos como surgiu a idéia do AntWeb adaptativo e a seqüência de fatos e conclusões que levaram ao desenvolvimento dos dois modelos do AntWeb adaptativo.

A primeira concepção sobre um sistema adaptativo que usasse o comportamento da formiga como fundamento, foi inspirada, principalmente, no fato da formiga seguir os caminhos *mais populares* e secundariamente na característica que a formiga tem de conseguir descobrir o *menor caminho* entre o formigueiro e a fonte de alimento. Esta concepção baseou-se na observação de que na maioria das vezes que o usuário está navegando em algum site, a página que ele está procurando é na verdade a página mais popular do site naquele instante. Por exemplo, suponhamos que em um site de um supermercado, na véspera do dia dos namorados a página mais popular do site seja a página que os usuários usam para comprar flores. Assim, neste período, os usuários que estão à procura de flores enfrentam o problema de encontrar a página que vende flores na rede de hipermídia do site. Desta forma imaginou-se um sistema adaptativo que criasse automaticamente um banner na home page do site, para levar o usuário mais rápido a página mais popular, no nosso exemplo do supermercado, a página que vende flores. Um sistema como este em nosso exemplo seria útil para a maioria dos visitantes que estão acessando o site naquele período, presumindo-se, é claro, que a maioria está à procura de flores. É como se os usuários anteriores tivessem deixado uma trilha de feromônio nas páginas que visitaram e as páginas mais populares tivessem ficado com mais feromônio do que as outras. O banner na home page representaria o feromônio atraindo os novos visitantes.

Continuando nosso raciocínio no exemplo do site de um supermercado, imagine que, passado o período do dia dos namorados, a página de flores deixaria de ser a mais visitada. Então, como já não há mais tantas atualizações de feromônio na página de flores, o feromônio deixado pelas visitas anteriores evaporaria, fazendo com que o sistema retirasse automaticamente o banner para a página de flores que está na home page.

Observe que nesta primeira concepção ainda não havia a idéia de conduzir o usuário através dos links pre existentes no site, e sim criar um novo link de acesso na home page para levar o usuário diretamente à página destino. Este método é classificado em hipermídia adaptativa como condução local, pois ocupa-se em levar o usuário ao destino em um único passo [18].

Após a primeira concepção chegou-se a conclusão que para desenvolver um sistema como o descrito no exemplo não seria necessário o modelo do feromônio. Bastaria calcular o número de acessos feitos recentemente para cada página do site e inserir um banner na home page para a página que tivesse a maior número de acessos recentes. Esse método teria o mesmo resultado da aplicação do método do feromônio, mas com a vantagem de ser mais simples e direto. A única desvantagem em relação ao uso do feromônio, neste caso, seria a flexibilidade de permitir que popularidades anteriores influenciassem no feromônio atual de forma continuada e controlada, mas isso tinha um efeito não visível à influência na relevância da página para o usuário. Assim a utilidade do uso do feromônio nesta concepção iria depender de um estudo que determinasse criteriosamente quanto popularidades anteriores de uma página influenciam na relevância da página buscada pelo usuário no momento, e consideramos que existia uma grande probabilidade de que esta relevância fosse nula.

Desta forma a primeira concepção do AntWeb adaptativo foi abandonada. Se isto fosse realmente comprovado, só haveria sentido em usar a meta heurística da formiga na Internet se esta aplicação tivesse como objetivo encurtar o caminho do usuário até a página destino, sendo este o objetivo primário do sistema desenvolvido por Marco Dorigo [29]. Esta aplicação só seria cabível em um método de condução global, que tivesse como objetivo conduzir o usuário pela estrutura existente do site, sem a criação de novos links. Então, com base nesta nova concepção, foi desenvolvido o primeiro modelo do AntWeb adaptativo que chamamos de modelo 1.

Esta nova concepção, da mesma forma que a primeira, ainda se baseia na idéia, (que assumiremos como ponto fundamental do nosso estudo), que a maioria dos usuários da Web procuram as mesmas páginas em determinados contextos. A principal diferença entre as duas concepções trata da incorporação do requisito de levar o usuário até a página destino por um caminho otimizado usando a

estrutura original do site, ou seja, sem a adição de links na estrutura já existente. Isso teria a vantagem de não tornar a estrutura do site mais complexa do que já é, não colaborando para causar uma sobrecarga cognitiva no usuário com o aumento de opções a escolher.

O modelo 1 procura reproduzir com a maior fidelidade possível o mesmo sistema de cooperação das formigas naturais, não se preocupando em incorporar os recursos de otimização usados pelas formigas artificiais de Marco Dorigo. Como este sistema de cooperação entre as formigas naturais ainda é pesquisado pela biologia, com respeito a descoberta de outras funções, tinha-se a expectativa de que este modelo pudesse melhorar a navegação do usuário até mesmo em aspectos não estudados. O mínimo que se esperava desta nova concepção é que o aparecimento de trilhas otimizadas de feromônio na Web pudesse levar os usuários às páginas que de alguma forma seriam interessantes. A comprovação destas expectativas só seria possível com a incorporação deste sistema na Web e a comparação das navegações feitas na Web com e sem o AntWeb adaptativo.

Então partiu-se para a implementação e testes do modelo 1 utilizando-se o site do departamento de Ciência da Computação da Universidade de Brasília. Os experimentos realizados foram fundamentais para notarmos diferenças essenciais entre a navegação típica do usuário da Internet e a peregrinação das formigas em busca de alimento, derrubando hipóteses falsas. Estas diferenças limitavam a aplicação do sistema original de cooperação das formigas naturais na Web, sugerindo modificações no modelo 1 para que este pudesse ter uma utilidade maior no processo de navegação na Web. Com base nas conclusões obtidas dos experimentos feitos com o modelo 1, foi desenvolvido um novo modelo mais flexível e complexo que foi chamado de modelo 2.

A principal diferença, do modelo 2 em relação ao modelo 1, foi a separação da função de otimização de rotas, da função de determinar a página mais interessante para o usuário, fazendo com que o feromônio servisse apenas para indicar o caminho mais curto até determinado(s) destino(s). Assim, usando o modelo 2 podemos levar o usuário para qualquer página, mesmo que esta não seja a página mais popular do site. Com essas duas funções separadas pode-se aplicar outras heurísticas, além da popularidade, para determinar quanto uma página é relevante para o usuário.

O modelo 2 até o momento não foi implementado em nenhum site da Web, mas experimentos feitos com simulações usando sites fictícios mostram que o modelo 2 alcança os objetivos propostos na sua concepção.

IV.2 Como unir a meta heurística da formiga com a navegação na Internet

No mundo real, as formigas naturais caminham em um espaço bidimensional partindo do formigueiro a procura da fonte de alimento. Elas usam o rastro de feromônio deixado por outras formigas, para saber qual caminho seguir e ao mesmo tempo deixam no chão o seu próprio feromônio, para que outras formigas também sigam seu rastro.

As formigas artificiais de Marco Dorigo possuíam um ambiente um pouco diferentes. Ao invés de um espaço bidimensional, elas caminham por *estados discretos*, passando de um estado para outro, através de transições estabelecidas entre eles [29]. Semelhante às formigas naturais, as formigas artificiais escolhem caminhos com maior quantidade de feromônio com uma probabilidade maior.

No caso do AntWeb, as formigas são os usuários da Web, o que nos deixa em dúvida se devemos considerar o usuário da Web uma formiga artificial, uma vez que eles são seres humanos. Mas independente disto, nós sabemos que ao menos o ambiente que o usuário da Web se encontra se encaixa mais na definição de ambiente que Marco Dorigo definiu para suas formigas artificiais do que o ambiente das formigas naturais. Os estados discretos das formigas de Dorigo são como as páginas da Web que os usuários navegam, onde as transições são os links existentes entre as páginas. A única diferença é a inexistência do feromônio das formigas artificiais.

Assim para fazer com que o ambiente dos usuários da Web se torne totalmente compatível com o ambiente das formigas artificiais é preciso implementar mecanismos na Web que permitam que os usuários percebam o feromônio existente no ambiente e ao mesmo tempo permitam que ele deposite seu próprio feromônio no ambiente. Para a solução do problema de como os usuários da Web depositariam o feromônio no ambiente usando os recursos existentes na Web atual, duas soluções foram encontradas: o uso do arquivo log do servidor web e o uso de scripts que funcionam do lado do servidor (Server Side Script Language-SSSL).

O log é um arquivo utilizado pelos servidores web para registrar o

histórico de acessos feitos às páginas que estão nele hospedadas. Cada vez que uma página de servidor web é acessada é gravado um registro no final do arquivo de log com informações sobre o acesso, como a data e a hora que a página foi acessada, o endereço IP do usuário que acessou a página e a URL da página acessada. Assim com base nestas informações pode-se estimar a quantidade de feromônio existente na página. Desta forma notamos que a adição de feromônio que o usuário faz é de forma involuntária, bastando que ele passe por uma determinada página para que o feromônio seja depositado.

Outra solução encontrada trata do uso de tecnologias. Esta tecnologia consiste em adicionar tags contendo um script (um programa feito em alguma linguagem de programação normalmente interpretada) dentro do código HTML da página. Quando o usuário acessa esta página, o servidor web executa todos os scripts que estão dentro do código HTML e retorna para o browser do usuário apenas as saídas dos programas executados inseridas no código HTML. Isso poderia ser usado, por exemplo: quando o usuário acessa a página e o script é executado. Este script pode executar alguma ação que seja equivalente a ação das formigas em depositar feromônio no lugar onde estão passando.

Nas duas soluções, o feromônio seria representado por números reais associados à página. Devido às restrições existentes na Web atual, a associação destes números às páginas teria que ser feita de forma indireta e centralizada, por que os protocolos atuais da Web não possuem mecanismos de armazenamento e acesso de informações direto à página. A associação poderia ser feita através do uso de uma tabela com informações para identificar a página na Internet e o valor de feromônio associado a página pelo uso de um sistema de banco de dados.

Outro problema tratado está relacionado a questão de como fazer com que o usuário seja atraído pelo feromônio. Infelizmente, apesar de todo o avanço que a multimídia e a hipermídia alcançaram, sendo hoje possível interagir com o usuário através de imagens e sons, ainda não é possível fazer com que as páginas da Web interajam com os usuários através de odores. Portanto tivemos que encontrar uma maneira alternativa de informar ou influenciar o usuário a seguir os caminhos com maior quantidade de feromônio. A solução encontrada foi através do uso de técnicas já consolidadas de hipermídia adaptativa. Estas técnicas se mostraram suficientemente eficientes para os nossos propósitos e consistem em

destacar os links, mudar a ordem de apresentação de links na página ou adicionar uma informação extra ao link de forma a aumentar a probabilidade de escolha de determinado links pelo usuário.

Através da aplicação das soluções aqui expostas verificamos que temos recursos suficientes para incorporar a meta heurística da formiga a Web, restando apenas o desenvolvimento de métodos inteligentes para utilizar os recursos que dispomos.

IV.3 Como associar o feromônio

Durante nosso estudo do AntWeb tivemos que optar pela forma de associar o feromônio à estrutura do site. Haviam três possibilidades:

- Associar o feromônio ao link: haveria uma taxa de feromônio para cada link no site.

- Associar o feromônio à transição: como nos demais sistemas que usam a meta heurística da formiga, se existir um ou mais links entre as páginas P1 e P2 seria armazenado uma única taxa de feromônio para o par <P1,P2> para indicar a presença de algum link entre as duas páginas, independente da quantidade de links.

- Associar o feromônio à página.

Para esta opção levou-se em conta alguns fatores como o custo de armazenamento, o custo de manutenção das taxas de feromônio, o custo do aprendizado e a eficiência na representação do aprendizado obtido. Após a análise destas três possibilidades foi decidido associar o feromônio à página, pois o objeto de procura do usuário é sempre a página e não o link. Assim fizemos com que os objetos procurados, as páginas, exalasses cheiros, e não o acesso até elas. Outros fatores que levaram a escolha da página são listados abaixo.

A escolha das duas primeiras abordagens tornaria possível o surgimento de situações incoerentes, como a indicação diferenciada, pelas taxas de feromônio, para caminhos que possuem custo equivalente. Por exemplo, considere a estrutura do site da Figura 29. Suponha que existam dois usuários a procura da página 1, sendo que um usuário está na página 1A e outro na página 1B. Se o feromônio estiver associado à transição, ou ao link, seria o feromônio dos links <1A, 2A> e <1B, 2A> que informariam a eficiência do caminho respectivamente para cada usuário para chegar até a página 1, sendo que a situação dos dois usuários é

equivalente, pois são necessários três clicks para se chegar à página 1. Mas como nesta hipótese são duas taxas diferentes existiria a possibilidade de terem valores diferentes. Se associarmos o feromônio às páginas, seria a taxa de feromônio da página 2A que decidiria o rumo dos dois usuários, ou seja, os dois usuários compartilhariam da mesma taxa de feromônio e assim não haveria a possibilidade de terem valores diferentes para indicar caminhos equivalentes, pelo menos nesta situação.

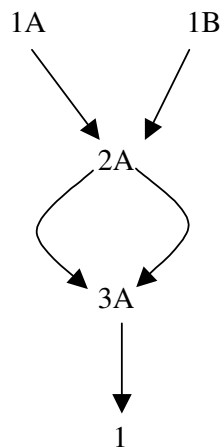


Figura 29 – Indicação diferenciada para caminhos equivalentes.

Outra desvantagem de associar o feromônio ao link é que o número de links em um site geralmente é maior do que o número de páginas. conseqüentemente o número de acessos necessários para treinar as taxas de feromônio seria maior do que na hipótese do feromônio associado à página.

Também a tabela usada para armazenar o feromônio seria mais complexa para representar o link ou transição do que a página. Na hipótese do feromônio estar associado á página, basta armazenarmos a tupla <url, feromônio>, para a transição a tupla seria <url1, url2, feromônio> e para o link seria a tupla da transição com mais uma chave para identificar o link dentro da página.

Conforme vimos, os dados teriam uma manutenção mais fácil na hipótese do feromônio associado á página, pois no caso de alterações feitas na estrutura do site, o único caso de se ter que atualizar as taxas de feromônio seria se alguma página fosse incluída ou excluída. Neste caso, as taxas de feromônio a serem manipuladas seriam apenas das páginas em que a inclusão ou a exclusão foi feita. Na hipótese do feromônio associado à transição, teriam que ser manipuladas todas as taxa das páginas vizinhas às páginas incluídas ou excluídas. Na hipótese do

feromônio associado aos links o número de taxas a ser manipulada seria maior ainda no caso de haver mais de um link entre duas páginas.

Na possibilidade de haver inclusão ou exclusão de links, só haveria necessidade de manipular taxas de feromônio se o feromônio estiver associado à transição ou link. Se o feromônio estiver associado à página não haveria necessidade alguma de manipular taxas de feromônio em função disto.

As taxas associadas aos links seriam mais vantajosas somente quanto à questão da eficiência na representação da estrutura do site, pois nos outros dois tipos de representações haveria perda de informações relativa a quantidade de links que existem entre duas páginas. Mas para o AntWeb esta informação não tem relevância uma vez que o objetivo é apenas levar o usuário até a página destino, não importando qual dos links entre duas páginas o usuário deva usar.

IV.4 Comparação entre o AntWeb adaptativo e outros sistemas

A primeira diferença importante entre o AntWeb adaptativo e os demais sistemas formiga tradicionais (vide seção II.1.5) está no fato em que as formigas artificiais não são componentes de software. No AntWeb, as formigas são os usuários da Internet. Dessa forma não é possível fazer com que as formigas andem de forma aleatória com probabilidade proporcional às taxas de feromônio no caminho como acontece no AntWeb para avaliação de estruturas e nos demais sistemas formiga. No AntWeb adaptativo o usuário escolhe o caminho a pegar baseando-se no seu interesse e o feromônio é apenas um influenciador na sua escolha.

Outra diferença é a forma como as “formigas” são influenciadas. Dependendo da técnica de navegação adaptativa escolhida, o usuário é influenciado de forma discreta e não continua como acontece com outros sistemas formiga.

A forma como é armazenado o feromônio é outra diferença importante. No AntWeb adaptativo o feromônio é armazenado nas páginas, e não nos links como ocorre com o AntWeb para avaliação. A Internet na perspectiva do AntWeb seria como na Figura 30 em que o feromônio é representado pela letra τ . A cada página será associado um valor numérico correspondente a quantidade de feromônio existente nela.

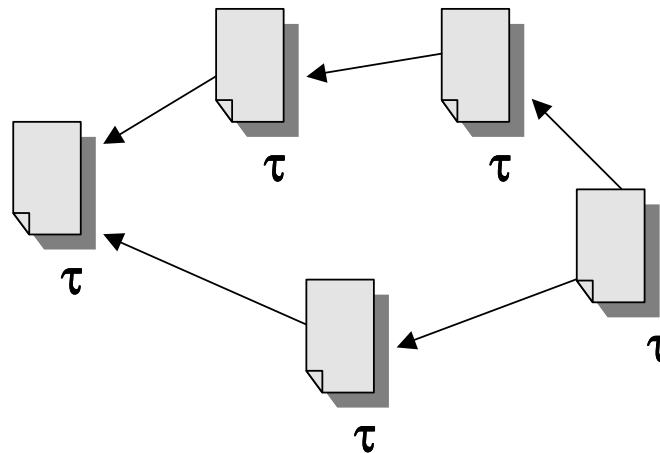


Figura 30 – A associação do feromônio no AntWeb adaptativo

Em relação aos demais sistemas de hipermídia adaptativa, a principal diferença é que o AntWeb não possui quase nenhuma representação do modelo de usuário. No AntWeb existe uma representação de ambiente que são os caminhos com feromônio. O único aspecto do usuário que o AntWeb leva em consideração é sua experiência no uso do sistema, uma vez que isso é necessário para a manutenção das taxas de feromônio.

IV.5 Esquema do AntWeb adaptativo na Web

A Figura 31 mostra como funcionaria o AntWeb adaptativo na Internet. Quando o usuário for usar o sistema adaptativo, ele acessará o servidor AntWeb e fornecerá o endereço inicial de onde ele quer começar sua navegação. Depois o sistema busca na Internet o código HTML da página correspondente ao endereço fornecido. Obtido o código, este é modificado de forma que os links que contém uma quantidade razoável de feromônio apareçam destacados para o usuário. Para isto o sistema faz uso das informações contidas no Banco de Dados que são as quantidades de feromônio contidas nos links da página em questão. Em seguida o sistema AntWeb fornece ao usuário a página correspondente ao endereço fornecido com os links modificados sistematicamente. A página fornecida pelo AntWeb na verdade somente conterá links direcionados ao próprio AntWeb com uma anotação que informa qual o endereço na Internet o link original direcionava. Assim quando o usuário clica em algum link na página fornecida pelo AntWeb, o browser do usuário

retorna uma requisição ao servidor AntWeb e este por sua vez contabiliza o uso daquele link, atualiza a taxa de feromônio no Banco de Dados e recomeça o ciclo novamente obtendo a página original corresponde ao link que o usuário usou. Este ciclo continua até que o usuário saia do sistema Ant Web.

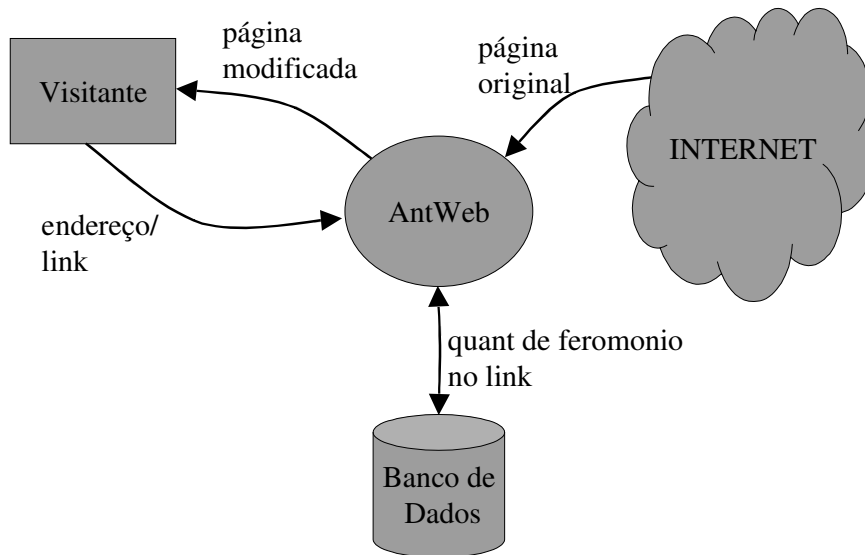


Figura 31 – Modelo funcional Ant Web adaptativo

IV.6 Modelo 1 do AntWeb adaptativo

O modelo 1, como apresentado na seção IV.1 que trata da concepção do AntWeb adaptativo, é o modelo que procura trazer para a Web a meta heurística da formiga da forma mais fiel possível ao comportamento das formigas naturais, sem se preocupar com as otimizações existentes na literatura dos sistemas formigas artificiais. Este modelo teve como propósito principal o estudo para descoberta de diferenças e semelhanças entre o comportamento do usuário durante a navegação na Web e o comportamento das formigas naturais. O desenvolvimento e a experimentação deste modelo foi essencial para a obtenção das conclusões necessárias para o desenvolvimento do modelo 2, que já contém otimizações propostas na literatura.

Nos dois modelos, a percepção da “formiga” em relação ao feromônio está representada pela percepção do usuário em relação ao link. Uma das grandes

vantagens do modelo 1 é que o usuário não precisa entender necessariamente o sistema de formiga. O importante é que o link destacado chame sua atenção, aumentando a probabilidade de ser escolhido.

Os links serão destacados em tempo real à medida que os usuários usam o link. O sistema contabilizará os acionamentos dos links de cada página pelos usuários e a partir destas informações atualizará a quantidade de feromônio associada a cada link. Finalmente, usando as taxas de feromônio atualizadas, destacará sistematicamente os links.

O princípio usado para aumentar a probabilidade do usuário usar o link com mais feromônio, é que, estando o link destacado, ele será mais facilmente visto, e conseqüentemente quanto mais o link é visto pelos usuários, mais ele será usado.

IV.6.1 A representação do feromônio no modelo 1

No modelo 1 é associado somente uma taxa de feromônio para cada página. Nesta abordagem a indicação para várias páginas destino está fundida em um mesmo valor. Esta taxa é compartilhada por todos os usuários que “farejam” a página em um determinado momento, independente de seus objetivos. Esta forma é mais compatível com o sistema das formigas reais, uma vez que elas só podem perceber um tipo de cheiro em um determinado lugar.

Neste modelo a taxa de feromônio é representada pela letra τ e a página representada pela letra p da seguinte forma: τ_p .

IV.6.2 Atualização do feromônio

No modelo 1 a atualização de feromônio ocorre em períodos uniformes cuja a duração é um parâmetro configurável do sistema. Nesta atualização, são feitas simultaneamente a evaporação e o aumento na taxa de feromônio. A atualização ocorre mesmo nas páginas por onde não passaram nenhum usuário, pois neste caso ocorre somente a evaporação do feromônio. A fórmula a ser usada no modelo 1 para atualização do feromônio, é a seguinte:

$$\tau_i(t) = (1 - \rho) \cdot \tau_i(t-1) + \rho \cdot \Delta \tau_i$$

Equação 12

onde:

$\tau_i(t)$ - Taxa de feromônio depositado no link na páginas i no tempo t .

ρ - Taxa de evaporação do feromônio que ocorre em uma unidade de tempo.

$\Delta\tau_i$ - Total de feromônio a ser depositado na página i no intervalo correspondente. Em nosso caso, o número de usuários que usaram o link no durante o intervalo.

Esta formula é equivalente a fazer uma média aritmética ponderada entre o feromônio adicionado com peso $(2-2\rho)$ e o feromônio já existente no link com peso 2ρ como demonstrado a seguir:

$$\tau_i(t) = (1 - \rho) \cdot \tau_i(t - 1) + \rho \cdot \Delta\tau_i$$

$$\tau_i(t) = \frac{2 \cdot [(1 - \rho) \cdot \tau_i(t - 1) + \rho \cdot \Delta\tau_i]}{2}$$

$$\tau_i(t) = \frac{(2 - 2\rho) \cdot \tau_i(t - 1) + 2\rho \cdot \Delta\tau_i}{2}$$

Esta formula foi escolhida por fazer com que a taxa de feromônio no link tenda a se estabilizar para a quantidade que está sendo adicionada, diferente outras equações de atualizações como a Equação 4. Ao mesmo tempo, mantém a característica do sistema formiga como a evaporação e adição de feromônio. Em outras fórmulas o feromônio, com passar do tempo, tende a crescer infinitamente.

No modelo 1 cada usuário deixa a quantidade 1 de feromônio quando passa por uma página. Assim, neste modelo, a taxa de feromônio de uma página será o número médio de acessos feitos a essa página em um período de tempo.

IV.6.3 Formas de destacar um link

Neste trabalho, quando um link possui relativamente uma significante quantidade de feromônio a probabilidade de o usuário clicar neste link deverá ser aumentada usando a forma de apresentação do link na página. Por exemplo, o link

poderá ficar em uma fonte maior em relação aos links anteriores, poderá aparecer uma figura ao lado do link ou qualquer outra forma de se destacar. Seja qual a forma escolhida, esta deverá ter como requisito aumentar a probabilidade do usuário usar o link.

Existem infinitas maneiras de se fazer isso, sendo impossível enumerar todas aqui. A forma como o link vai ser destacado ficará como escolha do WebDesigner, não sendo o objetivo do AntWeb determiná-la. No entanto salientamos que a abordagem escolhida deverá ser analisada levando-se em consideração fatores como:

- A agressão ao projeto visual inicial da página;
- Precisão da sugestão ao usuário;
- Grau de atratividade para que o usuário use o link e
- O conhecimento dos usuários que utilizaram o site.

Dependendo da abordagem escolhida o algoritmo para atualização da página também mudará. A seguir apresentaremos a análise de três abordagens básicas para o destaque dos links. Essas abordagens podem ser combinadas dependendo do problema em questão. Em nossa implementação foi utilizado a abordagem do mínimo significativo por ser mais elaborada.

IV.6.3.1 Abordagem do valor do feromônio

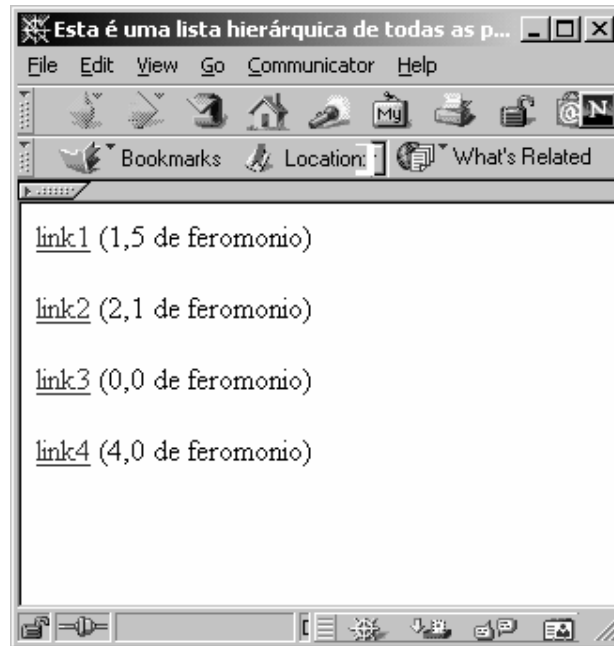


Figura 32 – abordagem do valor do feromônio

Nesta abordagem será informado o número exato de feromônio contido no link, junto com o texto do link. Esta técnica é classificada na hipermídia adaptativa como *Anotação* [18]. Esta abordagem tem como desvantagem o fato do usuário ter que saber o que é o feromônio, mas apesar disto, mesmo que ele não saiba o que é o feromônio ele vai ter uma orientação numérica precisa, apesar de não ter o conhecimento do significado real dos valores. O algoritmo para esta abordagem está resumido a seguir:

```

Obtenha dados para calcular feromônio;
Atualize as taxas de feromônio;
Para cada página Faça:
  Início
    Modifique cada link para que mostre a quantidade de feromônio
    associada;
  Fim

```

Este algoritmo será executado a cada unidade de tempo determinado. A forma como a instrução "Obtenha dados para calcular feromônio" será executada poderá ser percorrendo log do servidor e obtendo as informações necessárias através deste ou através de algum sistema de captura de clicks na página que o

usuário vai receber.

IV.6.3.2 Abordagem do destaque proporcional

Esta abordagem é semelhante a abordagem anterior, diferenciando-se apenas no fato que ao invés de ser mostrado a quantidade exata de feromônio em cada link, será feito um destaque relativo a quantidade de feromônio contido em cada link como na Figura 33. Neste exemplo, foi usado o tamanho do link para simular a quantidade de feromônio, mas poderia ser usado outro método como a espessura do traço da fonte ou a tonalidade da cor usada no link.

Esta abordagem possui a desvantagem de alterar o projeto visual da página. Por outro lado tem a vantagem do usuário não ter que entender necessariamente o significado dos valores apresentados pelo o sistema formiga como na primeira abordagem.

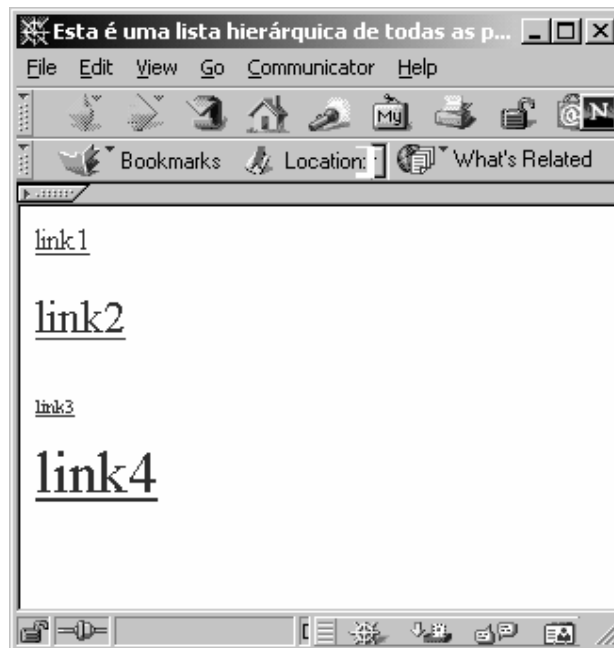


Figura 33 – Abordagem do destaque proporcional

O algoritmo desta abordagem é muito semelhante ao da abordagem anterior diferenciando apenas no fato de destacar os links ao invés de simplesmente mostra o feromônio.

IV.6.3.3 Abordagem do mínimo significativo



Figura 34 – Abordagem do mínimo significativo

Esta é a abordagem mais elaborada de todas e foi a abordagem usada no projeto WebWatcher [47]. Nesta abordagem o link só será destacado se a quantidade de feromônio associada a ele estiver acima de um mínimo significativo. Em outras palavras, o link só será destacado se possuir uma quantidade significativa de feromônio, independente da sua posição no ranking dos links com maior feromônio. Assim, se um link é pouco usado e não tem a quantidade mínima de feromônio, ele nunca é destacado mesmo que seja o link mais usado da página. Por outro lado, se a página estiver sendo muito freqüentada, uma quantidade enorme de links terão que ser destacados. Para evitar este problema, uma quantidade mínima de links a ser destacados será estabelecida em cada página, que no nosso caso são três. O algoritmo é listado a seguir:

```

Obtenha dados para calcular feromônio;
Atualize as taxas de feromônio;
Para cada página Faça:
Início
    Pegue os 3 links com a maior taxa de feromônio;
    Para cada um desses links Faça:
        Início
            Se taxa de feromônio > mínimo significativo
            Então destaque o link correspondente;
        Fim
    Fim
Fim

```

O mínimo significativo é um valor constante que na metáfora das formigas, significa a quantidade mínima de feromônio que pode ser percebida por uma “formiga”. Se a formiga está em um dilema entre dois caminhos a seguir e em um deles conter feromônio, mas a taxa de feromônio for em quantidade tão pequena que a formiga não possa perceber, a probabilidade de escolha de qualquer dos dois caminhos continua sendo 50%.

IV.7 Modelo 2 do AntWeb adaptativo

A principal diferença do modelo 2 em relação ao 1 é a separação feita entre a função de indicar o menor caminho, da função de determinar a página mais interessante para o usuário. No modelo 1, estas duas funções estão fundidas no feromônio. No modelo 2 o feromônio serve apenas para a indicação do menor caminho. A determinação da relevância de uma página para o usuário no modelo 2 é representada por um valor associado à página que chamamos de *goodness*. No modelo 2 o *goodness* pode representar qualquer heurística que diga o quanto a página é interessante para o usuário. Dependendo da forma como esta heurística for determinada, não teremos mais a vantagem do usuário não precisar entender o sistema como temos no modelo 1. Por exemplo, se determinarmos que a heurística que vai ser usado no *goodness* for a popularidade da página, o modelo 2 vai se comportar de forma parecida com o modelo 1, não sendo necessário o sistema pedir nenhuma informação ao usuário. Mas se for definido que o *goodness* é o número de palavras em comum que uma página tem em relação a uma query que o usuário digitou, o usuário terá que entender que os links que estão sendo indicados para ele são os links que levam às páginas que contem as palavras informadas por ele.

Em suma, o objetivo do modelo 2 do AntWeb adaptativo é levar o usuário às páginas que desejamos sem fornecer o link direto para a página. Ao invés disso, conduzimos ele pelos links já existentes na estrutura da Web. Um exemplo de aplicação disso seria qualquer sistema de busca na Internet tipo o Yahoo, onde o usuário poderia digitar as palavras de tópicos que está procurando e então poderia se considerar a heurística, por exemplo, que quanto mais palavras uma página tiver em comum com o conjunto de palavras que o usuário digitou melhor seria esta página para o usuário. Dessa forma poderia usar o AntWeb para conduzir o usuário pelos links para ele chegar até sua página de interesse.

Presumimos que isto seja mais interessante do que os sistemas tradicionais de busca fazem, quando criam um link direto para as páginas que contem as palavras que o usuário digitou, pois assim o usuário perde a oportunidade de passar por muitas páginas que talvez lhe interessassem. É como se você fosse para o supermercado comprar uma caneta. Para chegar até essa caneta você tem que ir para a sessão de materiais escolares e passar por outras sessões relacionadas. Neste caminho você vê lápis a venda e se lembra que também precisa de lápis e acaba comprando. Se você tivesse ligado para o supermercado e comprado a caneta com entrega a domicilio você teria sua caneta da mesma forma, mas nunca ia se lembrar que estava precisando de lápis. É dessa forma que o usuário perde com os sistemas de busca. Esses sistemas levam o usuário diretamente para a página que contem aquela palavra, mas o usuário não toma conhecimento de outras páginas que estavam próximas no hiperespaço.

IV.7.1 A representação do feromônio no modelo 2

No modelo 2, diferente do modelo 1, várias taxas de feromônio estão associadas a uma página. Nesta abordagem as indicações heurísticas para os destinos que uma página pode levar estão separadas em taxas diferentes. Para cada destino que é possível atingir a partir de uma página, existe uma taxa de feromônio. Essa abordagem possuía a desvantagem do grande número de taxas de feromônio. Por exemplo, se nos limitarmos a representar as taxas de feromônio somente para um site em que é possível chegar a qualquer página a partir de qualquer outra página deste site, a quantidade de taxas de feromônio a representar seria o quadrado do número de páginas existente neste site. Para amenizar este

problema em uma possível implementação do modelo 2, as taxas com valores iguais a zero, que serão maioria, podem ser omitidas do banco de dados. Dessa forma, quando não existir uma taxa de feromônio em uma página para determinado destino no Banco de Dados, presume-se que esta taxa possui o valor zero.

A representação do feromônio no modelo 2 é feita da seguinte forma: τ_p^d . Onde p é a página em que está situada a taxa de feromônio e d é o destino no qual a taxa se refere.

IV.7.2 Modelo 2 básico

No modelo 2, p_{ij}^d expressa o quanto a escolha da página j é boa quando o usuário está na página i e ele está procurando a página d . A Equação 13 mostra a restrição que deve ser aplicada a p_{ij}^d .

$$\sum p_{ij}^d = 1, j \in N_i$$

Equação 13

Onde:

- i é a página em que o usuário está.
- d é a página destino que desejamos levar o usuário.
- j é página vizinha a i candidata a ser a escolhida pelo o usuário para chegar a d .
- N_i é o conjunto dos vizinhos da página i .

Para que seja feito o cálculo de p_{ij}^d é utilizada uma tabela de roteamento localizada na página em que o usuário está. Cada página do site terá sua própria tabela de roteamento. Esta tabela é dinâmica e pode mudar a cada iteração. Os valores desta tabela são calculados conforme a Equação 14.

$$a_{ij}^d(p) = \frac{\tau_j^d(p)^\alpha \cdot (\eta_j)^\beta}{\sum_{\forall l \in N_i} \tau_l^d(p)^\alpha \cdot (\eta_l)^\beta} \forall j \in N_i$$

Equação 14

Onde $a_{ij}^d(p)$ corresponde aos valores da tabela de roteamento na iteração

p . $\tau_j^d(p)$ é a quantidade de feromônio na página j na iteração p , α e β são parâmetros que permitem controlar os pesos entre a trilha de feromônio e a heurística $\eta_j = 1/wt_j$ é uma heurística relacionada ao custo de usar a página j . wt_j é o tempo estimado na página j que é calculado conforme a Equação 15 mostrada abaixo:

$$wt_j = lt_j + vt_j$$

Equação 15

Onde lt_j é o tempo estimado para obter a página j através do browser, vt_j o tempo que o usuário levará para visitar a página.

Os valores para α e β são determinados empiricamente, não existindo ainda nenhum método objetivo para determiná-los. Esta característica de ponderar o feromônio e o custo de mover-se para o nodo vizinho é uma das otimizações propostas pelo AntSystem de Marco Dorigo [29]. Recomendamos $\alpha = 1$ e $\beta = 0$ para a maioria dos casos. Em site cujas páginas índices são muito heterogêneas em relação a quantidade de conteúdo e custo de download, recomendamos um valor maior para β .

A Equação 16 mostra como é feito o cálculo da probabilidade na qual uma formiga escolhe ir da página i para a página $j \in N_i$.

$$P_{ij}^d = \frac{a_{ij}^d(p)}{\sum_{\forall l \in N_i} a_{il}^d(p)}$$

Equação 16

Podemos perceber que no modelo 2 a atualização do feromônio ocorre de forma distinta do modelo 1. No modelo 1 a atualização era feita periodicamente em intervalos uniformes. No modelo 2 a atualização ocorre todas as vezes em que uma formiga termina um trajeto até a sua página destino. Dessa forma, diferente do modelo 1, não é o fator tempo que fará com que o feromônio diminua, e sim o uso de outras páginas para chegar até determinado destino. A Equação 17 mostra como é calculado o acréscimo de feromônio feito separadamente por cada formiga.

$$\Delta \tau_i^{d,k}(p) = \begin{cases} \frac{1}{nl_i^{d,k}(p) \cdot \sigma + 1} & \text{se } i \in T^{d,k}(p) \\ 0 & \text{se } i \notin T^{d,k}(p) \end{cases}$$

Equação 17

Onde $T^{d,k}(p)$ é o conjunto de páginas visitadas pela formiga k na iteração p para chegar a página d , $nl_i^{d,k}(p)$ é a distância da página i até a página d em $T^{d,k}(p)$ e σ é um parâmetro que determina o quanto a distância entre i e d vai influenciar no decremento do feromônio, normalmente igual a 1. Por exemplo se $T^{P3,k}(p) = \{P1, P2, P3\}$ então $\Delta \tau_{P1}^{P3,k}(p) = 0.33\sigma$, $\Delta \tau_{P2}^{P3,k} = 0.5\sigma$ e $\Delta \tau_{P3}^{P3,k} = \sigma$.

A adição de feromônio em cada página é feita de acordo com o esquema abaixo:

$$\tau_i^d(p) \leftarrow (1 - \rho) \cdot \tau_i^d(p) + \rho \cdot \Delta \tau_i^{d,k}(p)$$

Equação 18

Onde $\rho \in (0, 1]$ é o coeficiente de evaporação. Semelhante ao modelo 1, essa fórmula é equivalente a uma média continuada fazendo com que o feromônio dos links tendam a uma estabilização.

IV.7.3 Extensão do modelo para mais de um destino

No modelo 2, quando o usuário está procurando sua página usando o AntWeb, é como se ele estivesse seguindo o cheiro de sua página e seguindo os links na qual o cheiro de sua página fosse exalado de forma mais acentuada. No modelo básico, quando se está guiando o usuário para apenas um destino é como se somente uma página pudesse exalar seu cheiro ficando todas as outras inodoras. Assim, ficando somente a página que o usuário deseja encontrar exalando cheiro, basta o usuário seguir o cheiro que ele encontrará com certeza a sua página.

Mas e no caso de existirem duas ou mais páginas que satisfaçam o desejo do usuário? Nesse caso podemos permitir que essas duas ou mais páginas exalem seu cheiro simultaneamente. Dessa forma, como todas as páginas possuem

o mesmo cheiro, ganhará a preferência do usuário a página que estiver a uma distância mais curta, lembrando que quando mais um objeto está próximo de nós, mas podemos sentir seu cheiro.

A Equação 19 expressa a situação em que o usuário possa ter interesse em mais de um destino. Neste caso a probabilidade é expressa por:.

$$P_{ij}^D = \frac{\sum_{\forall d \in D} [a_{ij}^d(p) \cdot g^d]}{\sum_{\forall d \in D, \forall l \in N_i} [a_{il}^d(p) \cdot g^d]}$$

Equação 19

Onde D é o conjunto de páginas destino que desejamos levar o usuário e g^d é um coeficiente que indica a importância da página d para o interesse do usuário. Quanto maior o valor de g^d maior o cheiro que esta página exalará em relação a outras páginas.

Observe que se existir apenas um destino d no conjunto D e g^d for diferente de zero a Equação 19 se comportará como a Equação 16.

IV.7.4 Identificando a página destino do usuário

Para identificação da página destino correspondente a cada navegação ocorrida usando o AntWeb foram usados os mesmos métodos descritos em [44]. Existem dois métodos que são utilizados em conjunto:

A página é uma página de conteúdo – Em Alguns sites existe uma clara separação entre página índice e página conteúdo. Páginas índices são páginas que servem apenas para levar o usuário até a uma página. Neste caso a página é identificada como uma página destino através da verificação do tipo de página.

Threshold – Em sites que não é possível a identificação de páginas de acordo com o primeiro método é feito a verificação do tempo em que o a formiga permaneceu na página. Se o tempo for acima de um threshold, a página é considerada a página destino do usuário. Aqui é considerado também a possibilidade do usuário ter, por exemplo, ficado longe do seu computador e alguma página, que na verdade não é página destino ter sido eleita página destino. Assim devem ser considerados dois threshold, em que a página para ser eleita página

destino deve ter o tempo acima do threshold 1 e deve ficar abaixo do threshold 2.

IV.7.5 O algoritmo para atualização do feromônio

A atualização do feromônio será feita usando-se uma tabela de log que funcione de forma similar ao arquivo log que se encontra no servidor web [44] ou o próprio arquivo de log. O algoritmo é o seguinte:

1. Particione o log por visitante:
 - Ordene o log por ID do usuário; ou
 - Particione o log por hashing com o ID do usuário e ordene cada partição separadamente
 - Varra a tabela extraíndo seqüências de páginas para cada ID visitante
2. Ordene cada partição pela hora em que cada página foi acessada.
3. Para cada visitante, particione de forma que cada partição termine com uma página destino do usuário.
4. Para cada partição criada do passo 3 atualize o feromônio das páginas usando a Equação 17 e a Equação 18.

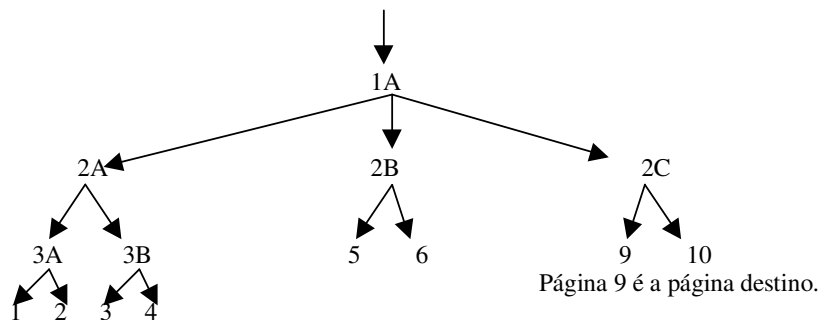


Figura 35 – Estrutura de um site fictício

Por exemplo, a Figura 35 é a estrutura de um site fictício. Considerando que o browser do usuário possui um sistema de cache e $\sigma = 1$, se um visitante fizer a seguinte trajetória para chegar até sua página destino neste site: 1A, 2A, 3A, 2C, 9. Os acréscimos de feromônio que este visitante fará nas páginas serão os seguintes:

- 1/5 de feromônio em 1A,
- 1/4 de feromônio em 2A,
- 1/3 de feromônio em 3A,
- 1/2 de feromônio em 2C,

1/1 de feromônio em 9.

Note que o valor do acréscimo vai aumentando cada vez que o usuário chega mais perto do seu objetivo. É como se o visitante estivesse sentindo o cheiro da sua página destino e quanto mais perto ele se encontra de sua página, mais o cheiro fica forte.

IV.7.6 O processo de adaptação da apresentação da página

O AntWeb adaptativo propõem que as formigas são influenciadas a seguir caminhos que contém quantidade significativa de feromônio através de técnicas de navegação adaptativa. Estas técnicas consistem em destacar links que desejamos que o usuário use, ocultar links que desejamos que ele não use, adicionar informações aos links e outras mais. Este é o algoritmo genérico que é usado para adaptar páginas:

1. Para cada página i a ser adaptada:

- Calcule a probabilidade de cada página vizinha de i ser boa para conduzir o usuário considerando o conjunto de páginas destino.
- Use a técnica de navegação adaptativa em questão para conduzir o usuário para os links que levam as páginas com maior probabilidade.

Neste processo de adaptação da apresentação da página, a principal diferença em relação ao modelo 1, é o uso da probabilidade. No modelo 1 é usado diretamente o valor do feromônio para decidir qual link destacar. Aqui não daremos exemplos de como as páginas podem ser adaptadas no modelo 2, como fizemos no modelo 1, porque os exemplos do modelo 1 servem para o modelo 2. A única diferença é o uso da probabilidade ao invés do feromônio.

CAPÍTULO V - IMPLEMENTAÇÃO

As informações desta seção são relacionadas à implementação do modelo 1. Neste capítulo todas as vezes que mencionarmos o termo AntWeb sem especificações, estaremos nos referindo a implementação do modelo 1 do AntWeb adaptativo. O modelo 1 foi implementado em linguagem PHP usando banco de dados MySQL. A Figura 36 mostra página do AntWeb que os usuários acessam para navegar no site do Departamento de Ciência da Computação da UnB. Quando o usuário acessa essa página ele deve clicar no link “clique aqui para começar” para iniciar a navegação na Internet. Este endereço inicial é apenas um ponto de partida para sua navegação, sendo que a partir dele pode-se chegar a outras páginas clicando os links disponíveis.

Ao clicar no link indicado o usuário visualizará a mesma página que ele visualizaria se tivesse digitado a URL no campo “address” do seu browser mas com a diferença que o(s) link(s), que presumidamente possuem maior probabilidade de levar ao objetivo em menos tempo, foi destacado como mostrado na Figura 37.

Observe a barra de endereço do browser no alto da Figura 37. O leitor poderá perceber que na verdade o nosso usuário não está acessando a página “http://www.cic.unb.br” e sim a página “http://antweb.linf.unb.br/?url=http://www.cic.unb.br”, ou seja, ele está acessando a página “http://antweb.linf.unb.br” com o parâmetro “url=http://www.cic.unb.br”.



Figura 36 – Página em que o usuário inicia sua navegação

Na Figura 37 o link “docentes” destacado com a formiga significa que interceptamos uma trilha de feromônio. Ao clicarmos neste link destacado, estaremos seguindo a trilha de feromônio deixado por outros usuários. No nosso exemplo, o usuário aceita a sugestão do AntWeb e clica no link indicado aparecendo assim a página do corpo docentes do CIC que é mostrado na Figura 38. Note que na barra de endereço mostrado na figura ainda está o endereço “http://antweb.linf.unb.br” mas com o parâmetro mudado para “url=http://www.cic.unb.br/docentes/docentes.html” que corresponde a página que estamos acessando agora.



Figura 37 – Home page do CIC com o AntWeb

E assim nosso usuário pode continuar navegando pela Internet usando o AntWeb. Para ele deixar de usar o AntWeb, basta digitar outro endereço na barra de endereço de seu browser que ele sairá do sistema.

Para entendermos melhor como funciona este esquema, vamos imaginar um cenário em que nosso usuário acessaria o site do CIC sem o AntWeb. O usuário digita o endereço do site no seu browser e em seguida seria mandado uma requisição pela Internet ao servidor web CIC da página desejada (1), conforme mostra a Figura 39. Em seguida, o seu browser receberia o código HTML da página (2) e apresentaria a página ao usuário.

Agora vamos imaginar um cenário em que nosso usuário acessa o site do CIC pelo AntWeb. Primeiro nosso usuário acessa a página do AntWeb e clica no link correspondente. Neste momento, é enviada uma requisição ao servidor do AntWeb (1), conforme mostra a Figura 40. O AntWeb então busca a página requisitada (2, 3) no servidor web do CIC e verifica a quantidade de feromônio em cada link da página e outros dados no banco de dados (4) para ele saber qual link será destacado. O

AntWeb destaca os links correspondentes e depois altera a URL de todos os links na página de forma que os links passem a apontar para o servidor do AntWeb. Em seguida o AntWeb grava um log no banco de dados que servirá para o processo de atualização do feromônio (5). E finalmente o AntWeb retorna a página modificada para o usuário (6).

Quando o usuário clicar em algum link que ele recebeu do AntWeb, ele mandará uma nova requisição ao AntWeb, recomeçando todo o ciclo novamente.

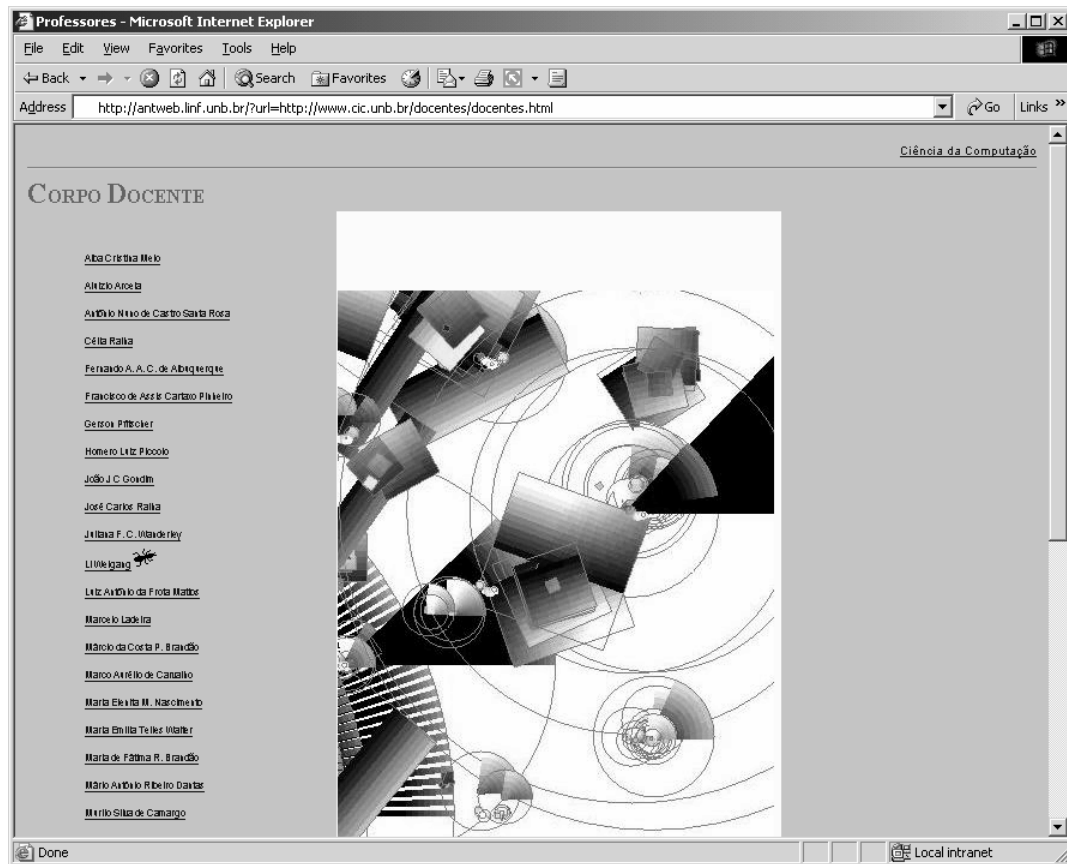


Figura 38 – Página de Corpo Docente

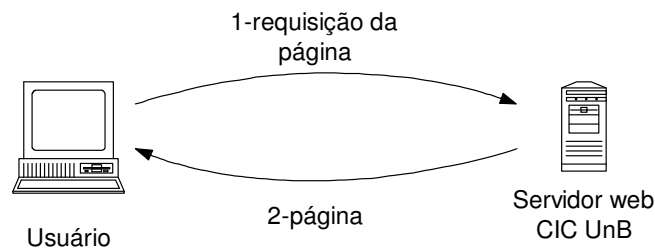


Figura 39 – Acesso a página sem o AntWeb

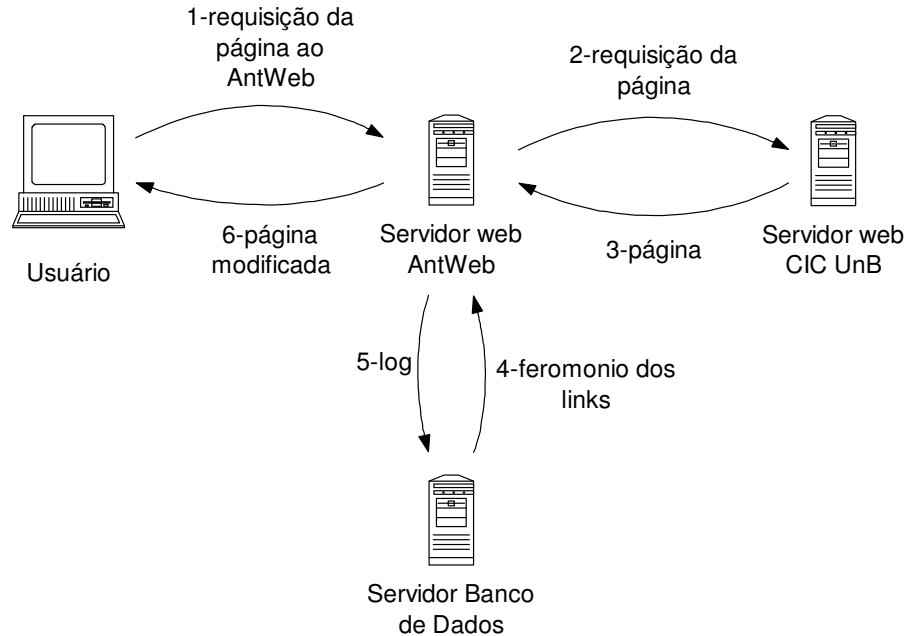


Figura 40 – Acesso a página com o AntWeb

No caso específico desta implementação do AntWeb, os usuários são conduzidos usando a técnica indicação direta. A figura de uma formiga é colocada logo à frente do link que desejamos destacar. Usando esta técnica, cada link da página poderá ficar em um dos estados: Destacado ou não destacado. Desta forma a influência que podemos causar no usuário é discreta. Esta técnica foi escolhida por ser a técnica que menos agride o layout da página, e pode ser aplicada a quase todas as páginas que utilizam HTML.

V.1 Componentes físicos

Em termos de componentes físicos, o AntWeb foi implementado na forma de três arquivos de código PHP e um arquivo com extensão *ini* listados abaixo:

- index.php
- pheromoneupdater.php
- classes.php
- antweb.ini

O arquivo index.php é na verdade uma página metamórfica que pode se transformar em qualquer outra página da Web com as devidas adaptações, ou seja, com os links destacados com a formiga, se necessário, e os links redirecionados. Esta página PHP possui o parâmetro “URL” que informa a URL da página no qual a

página `index.php` vai se transformar. Ao invocarmos por exemplo, `index.php?url="http://www.cic.unb.br"` a página `index` se transformará na página correspondente ao endereço `http://www.cic.unb.br`.

O arquivo `pheromoneupdater.php` é a página responsável pelas atualizações de feromônio contidos no banco de dados. É uma página que deve ficar aberto em um host qualquer da Web em período permanente. Esta página possui um mecanismo especial que faz que com ela mesma se auto atualize no browser a cada 5 segundo. Em cada atualização desta página, ela verifica se é necessário fazer uma atualização de feromônio no banco de dados e a realiza.

O arquivo `classes.php` contém as classes que são usadas em comum pelas duas páginas citadas anteriormente. A classe mais relevante deste arquivo no que diz respeito à instalação e configuração do AntWeb é a classe `DBAccess`. É nesta classe que estão gravadas as informações referentes ao acesso ao banco de dados, como senha e nome de usuário. No método `setConfiguration()` deve-se configurar a URL do servidor de banco de dados na Web (`mysqlhost`), o nome do usuário (`username`), a senha (`password`) e o nome da base de dados (`databasename`). Após informadas estas informações, bastará executar o AntWeb pela primeira vez que ele automaticamente criará todas as tabelas e fará todas as configurações necessárias no banco de dados.

O arquivo `antweb.ini` é o arquivo em que são configurados todos os outros parâmetros. Para editar esses parâmetros basta abrir o arquivo em um editor de texto qualquer. Os parâmetros configuráveis neste arquivo são os seguintes:

`application_address`: URL para o arquivo `index.php` na Web.

`decay_coefficient`: coeficiente de evaporação, representado por um número real entre 0 e 1.

`deufaut_page`: página que o arquivo `index.php` se transformará caso não seja informado nenhuma URL no parâmetro "URL" em sua evocação.

`iteration_time`: quantidade de tempo em segundos que deve ocorrer entre uma atualização e outra das taxas de feromônio.

`indicator_picture`: URL da figura da formiga que servirá para destacar os links.

`max_links_to_show`: número máximo de links a destacar por página.

`page_not_found`: página que a página `index.php` deverá se transformar

caso a URL informada no parâmetro url não exista.

threshold: quantidade mínima de feromônio correspondente a um link para que este seja destacado.

Para o bom funcionamento do sistema todos os parâmetros acima listados deverão ser configurados.

V.2 Banco de dados do AntWeb

O banco de dados do AntWeb é constituído por quatro tabelas a saber:

Log: tabela responsável por guardar os dados de acesso feitos no AntWeb. Cada vez que um usuário faz uma solicitação ao AntWeb é incluído um registro nesta tabela correspondente a solicitação. São gravados nesta tabela, ID do usuário, URL da página solicitada, data e a hora que foi feita a solicitação e valor do parâmetro “número máximo de links a destacar” usado para adaptar a página. Se o AntWeb sugeriu algum link nesta solicitação, o AntWeb grava também no Log a URL dos links destacados e quantidade feromônio que estava em cada um deles. São os dados contidos na tabela Log que servem de base para o cálculo do acréscimo de feromônio nos links. Ao projetarmos esta tabela, procuramos colocar o máximo de dados possível nela, pois esta tabela pode ser usada no futuro para webmining.

Pheromone: tabela responsável por guardar as quantidades de feromônio de cada página. Se uma página não possuir um registro correspondente a sua URL nesta tabela significa que a quantidade de feromônio relacionado a página é igual a zero.

Updates: tabela responsável por armazenar os dados correspondes às atualizações de feromônio feitas na tabela Pheromone. Nesta tabela são armazenadas a data e a hora em que foi feito a atualização, e os valores dos parâmetros usados no processo de atualização como coeficiente de evaporação e tempo de iteração. A função principal desta tabela é registrar as alterações de parâmetros durante o ciclo de vida do sistema.

V.3 Os dois módulos do Antweb

O AntWeb foi desenvolvido em dois módulos: O módulo de atualização do feromônio (arquivo index.php) e o módulo para adaptação de páginas (arquivo pheromoneupdater.php). Os módulos funcionam de forma independente para que o

módulo de adaptação de página dê uma resposta mais rápida ao usuário.

V.3.1 Módulo de atualização do feromônio

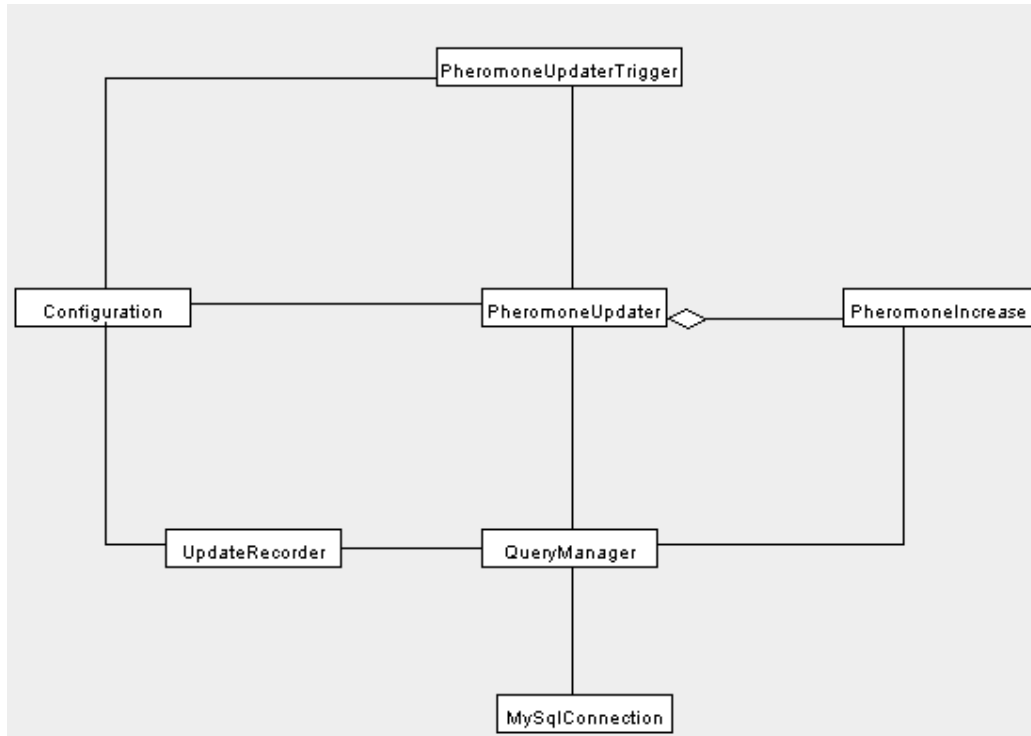


Figura 41 – Diagrama de Classes simplificado do módulo de atualização

A Figura 41 mostra um diagrama de classes simplificado da implementação do módulo de atualização de feromônio. Este módulo fica sendo executado em segundo plano no servidor e é responsável por manter as taxas de feromônio das páginas atualizado.

As classes mostradas na Figura 41 são:

PheromoneUpdaterTrigger: responsável por disparar todo o processo de atualização que permanece sendo executada em um laço infinito. Após disparar um processo de atualização ela causa uma pausa na execução do programa de acordo com o tempo de interação obtido de *Configuration* e somente após esta pausa ela dispara outro processo de atualização começando o ciclo novamente.

PheromoneUpdater: responsável pela atualização do feromônio em si. O processo de atualização corresponde na alteração das taxas de todas as páginas determinada pelos valores obtidos de *PheromoneIncrease*.

PheromoneIncrease: Nesta classe está a função de acréscimo de

feromônio. Assim, ao trocarmos a função de acréscimo de feromônio do sistema, basta apenas trocar esta classe sem causar nenhuma alteração no restante do sistema.

Configuration: responsável por controlar os parâmetros usados na atualização de feromônio, como o coeficiente de evaporação e o tempo de iteração.

UpdateRecorder: responsável por gravar na tabela Updates os dados correspondentes de cada atualização feita.

QueryManager: responsável por gerenciar as transações feitas no banco de dados.

MySqlConnection: responsável por gerenciar a conexão entre a aplicação e o servidor de banco de dados.

V.3.2 Módulo de Adaptação de página.

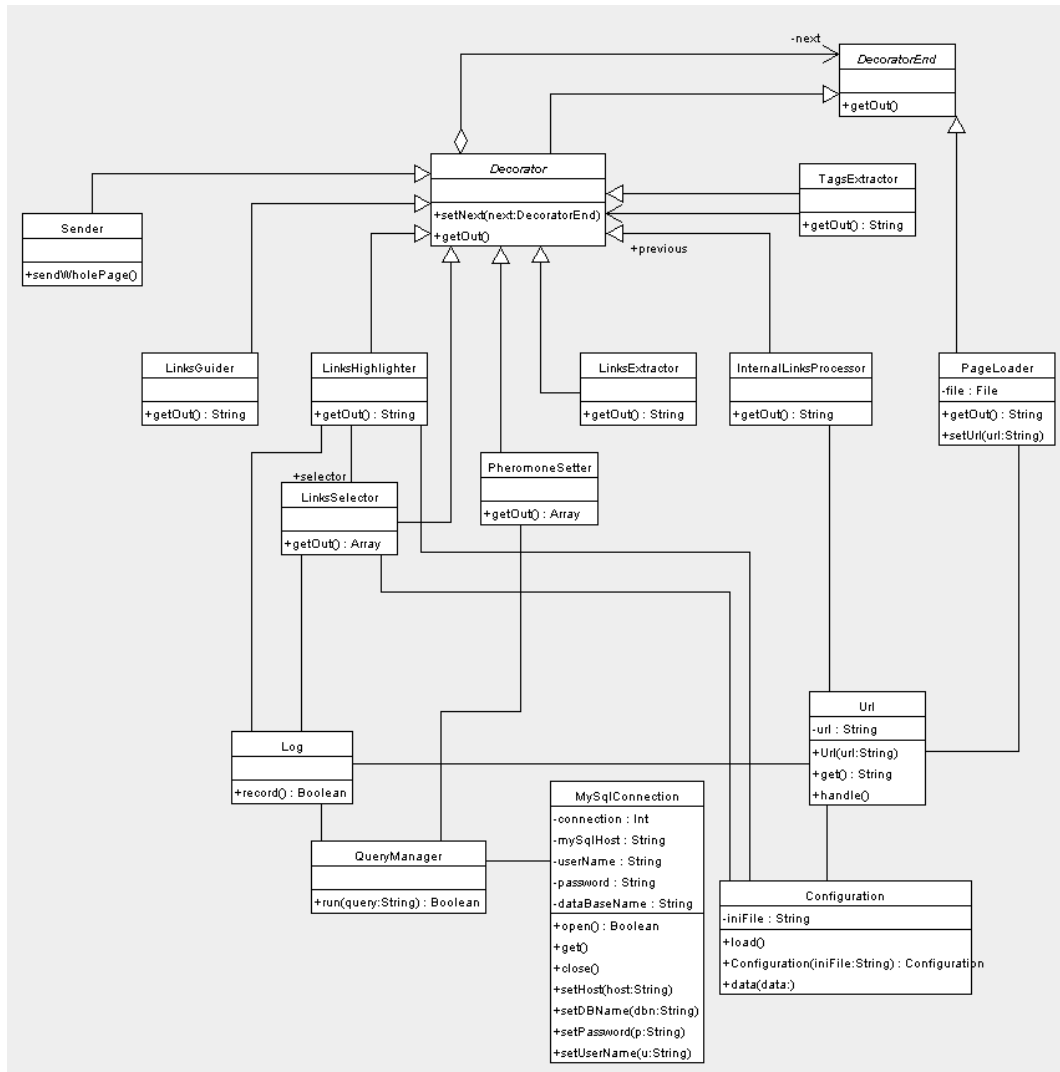


Figura 42 – Diagrama de Classe do módulo de adaptação da página

A Figura 42 mostra o diagrama de classes contendo as principais classes do módulo de adaptação de páginas. Este módulo é executado a cada vez que o usuário faz uma solicitação ao AntWeb e é responsável por apresentar a página com os links destacados se necessário. No projeto deste módulo foi usando o design pattern decorator [60] que permite como que a página seja adaptada com se estivesse passando por uma linha de montagem de uma fábrica. A descrição das principais classes é apresentado a seguir:

Uri: responsável por tratar a URL da página que vai ser adaptada.

PageLoader: responsável por obter da Internet o código HTML da página

que vai ser adaptada.

TagExtractor: responsável por extrair do código HTML as tag.

InternalLinksProcessor: responsável por fazer com que os caminhos relativos dos links da página se tornem absolutos.

PheromoneSetter: responsável por obter a taxa de feromônio de todos os links da página.

LinksSelector: responsável por selecionar os links que serão destacados baseando na taxa de feromônio de cada um e nos parâmetros obtidos de *Configuration*.

LinksHighlighter: responsável por destacar os links selecionados em *LinksSelector* na página que está sendo adaptada.

LinksGuider: altera todas as URLs dos links da página de forma que eles apontem para o AntWeb e contenham um parâmetro informando qual página o link apontava antes. Este processo é essencial para que o usuário ao clicar em algum link na página continue usando o AntWeb.

Sender: responsável por enviar via Internet o código HTML da página adaptada para o browser do usuário que a solicitou.

Log: responsável por fazer o registro de log na tabela logs correspondente ao processo de adaptação.

As classes *Decorator* e *DecoratorEnd* fazem parte da definição do pattern Decorator. As demais classes são as mesmas apresentadas na descrição do módulo de atualização de feromônio.

CAPÍTULO VI – EXPERIMENTOS

Neste capítulo são apresentados os experimentos feitos com o modelo 1 e o modelo 2 do AntWeb adaptativo. Os experimentos envolvendo o modelo 1 foram feitos usando a implementação descrita no Capítulo V. O modelo 2 não foi implementado e seus experimentos foram feitos usando tabelas com dados de navegação fictícia.

VI.1 Experimentos com o modelo 1

O modelo 1 é simples e de fácil entendimento para a maioria das pessoas. Estabelecemos alguns parâmetros de navegação do usuário usando o AntWeb, a saber:

Condução dos usuários às páginas mais populares: Isto é uma consequência óbvia uma vez que, no modelo 1, o feromônio nada mais é do que a média continuada da quantidade de acessos ocorridos nos intervalos estabelecidos pelo parâmetro *iteration_time* do sistema. Por exemplo, no caso dos experimentos descritos abaixo, este parâmetro é igual a 30 segundos. Então a quantidade de feromônio que vai prevalecer para uma determinada página será a média entre a quantidade de acessos feitos a esta página nos últimos 30 segundos com as quantidades de acesso dos intervalos anteriores, de forma que quanto mais antigo é um intervalo, menos influência ele tem no feromônio atual.

Preferência por caminhos mais curtos: Esta característica era esperada, uma vez que o comportamento das formigas reais conduz a rotas otimizadas e estamos reproduzindo o mesmo ambiente da formiga real na Internet. Consideremos que o modelo 1 otimize rotas em caso de existência de caminhos com diferentes custos na estrutura do site. Assim haveria uma otimização na navegação dos usuários uma vez que os caminhos mais curtos seriam indicados. Esta característica do comportamento da formiga de otimizar caminhos é chamada na literatura de “avaliação implícita da solução” [29].

Indicação de páginas interessantes para o usuário: Este benefício é uma derivação da primeira característica. Uma vez que o sistema leva os usuários às páginas mais populares, existe uma grande probabilidade destas páginas serem as páginas que a maioria dos usuários estão procurando, ou ao menos serem

páginas interessantes para a maioria dos usuários.

Diminuição de erros na trajetória do usuário: Um outro problema que costuma ocorrer na navegação do usuário são os erros de trajetória. Ocorrem quando o usuário espera que sua página objetivo esteja embaixo de uma determinada hierarquia na estrutura do site e na verdade está embaixo de outra [44]. Neste sentido, com a condução do usuário às páginas, seria possível a diminuição substancial de trajetórias erradas.

Diminuir o número de páginas consultadas por sessão: Um número alto de páginas consultadas por sessão em um site significa que os usuários estão perdidos e estão encontrando suas páginas através de métodos de tentativa e erro. Se o usuário seguisse a orientação do AntWeb nas primeiras tentativas e o usuário chegasse à página desejada, seria diminuído o número de páginas consultadas.

Diminuição do uso do botão de busca: Quando o uso do botão de busca de um site está muito alto, significa que o usuário tem pouca confiança na estrutura do site, já que ele acha que vai encontrar o que ele procura mais rápido desse modo do que usando os links. Se o AntWeb realmente trouxer benefícios na navegação, mais usuários vão tentar achar o que procuram através dos links.

Diminuição do tempo que o usuário permanece conectado ao site: Esta característica está relacionada a todas as anteriores, uma vez que a navegação através de rotas otimizadas e diminui-se o número de páginas consultadas por sessão, resultando numa diminuição de tempo em que o usuário permanece navegando sem encontrar o que procura.

Esses itens são verificáveis através do processo de webmining e são muitas vezes usados como indicativos para avaliar a usabilidade de sites. Dessa forma, para que as características citadas fossem comprovadas, dever-se-ia disponibilizar a implementação do modelo 1 na Web. Os logs gerados nas navegações realizadas com o AntWeb teriam que passar por um processo de webmining e os resultados teriam que ser comparados com os resultados do processo de webmining dos logs de navegações antes da implantação do AntWeb. Se nestas comparações fosse comprovado, uma diminuição de tempo em que o usuário se conectou ao site, um número menor de páginas consultadas por sessão e outras características das citadas acima, seriam comprovados os benefícios do modelo 1 na navegação do usuário.

No entanto, os experimentos realizados com o modelo 1 foram implantados junto ao site do departamento de Ciência da Computação da Universidade de Brasília (CIC) da seguinte forma. O AntWeb foi colocado disponível aos usuários da Internet por um curto espaço de tempo entre os dias 4 e 10 de março de 2003 e os poucos acessos que ocorreram neste período, foram feitos por pessoas que tinham como objetivo satisfazer curiosidades a respeito de características do sistema. Por exemplo, a forma como eram adaptadas as páginas e a resposta do sistema ao feromônio que o usuário tinha acabado de deixar. Os usuários escolhiam páginas arbitrárias para fazer seus testes de forma que não é possível considerar essas navegações como legítimas para fazer a avaliação do sistema da forma pretendida.

Então nossos experimentos foram limitados a simulações de navegações fictícias utilizando a implementação do AntWeb. Para os experimentos listados abaixo foram considerados os seguintes valores para os parâmetros do sistema:

decay_coefficient: coeficiente de evaporação = 0.02

iteration_time: duração dos intervalos entre as atualizações = 30 segundos

max_links_to_show: número de links a destacar = 1 link

threshold: valor mínimo para se salientar um link = 0.01

Os valores foram escolhidos para que o sistema reagisse de forma rápida e produzisse resultados visíveis aos acessos feitos em baixa escala das simulações. O *threshold* foi colocado abaixo do coeficiente de evaporação e o parâmetro *iteration_time* foi estabelecido com uma duração curta para que o sistema destacasse os links em no máximo 30 segundos após o seu uso. O baixo valor do coeficiente de evaporação foi estabelecido devido à grande quantidade de atualizações ocorridas durante o curto intervalo entre as atualizações. De outra forma, o feromônio evaporaria rápido demais. E finalmente, o número de links a destacar foi estabelecido igual a 1 link por que os experimentos envolviam duas escolhas de rota, e se o sistema destacasse mais de um link não seria possível visualizar o caminho preferencial.

Outras informações importantes para o sucesso dos experimentos descritos a seguir são a desabilitação do sistema de cache de páginas do browser e a desativação do uso do servidor proxy no browser. Caso isto não fosse feito, os

acessos repetidos às páginas feitos a partir de um mesmo host, não seriam registrados no log do sistema e conseqüentemente não seriam considerados no processo de atualização de feromônio.

Decidimos testar a hipótese mais importante do modelo 1 que é o prevalecimento dos caminhos mais curtos. Acreditamos que os outros benefícios listados acima também seriam alcançados se, ao invés de usarmos o feromônio, apenas indicássemos os links mais populares. A única coisa que essa abordagem mais simplória não poderia fazer, e que o modelo 1 poderia é indicar rotas mais curtas.

Para comprovarmos isto através de experimentos, executamos navegações no site do CIC até determinada página usando o sistema implementado. Foi escolhida a página do professor Li Weigang pelo fato de existirem dois caminhos de tamanhos diferentes para chegar até ela a partir da página inicial do departamento de ciência da computação. A Figura 43 mostra uma estrutura parcial do site do CIC focalizando os dois caminhos existentes entre as duas páginas. Nesta situação, quando o usuário estiver à procura da página objetivo, ele terá que decidir qual link seguir na hora em que ele estiver na página inicial. O link para a página do corpo docente do departamento conduz o usuário a um caminho com um custo de dois links, enquanto o link para a página da pós-graduação conduz o usuário para um caminho com três links.

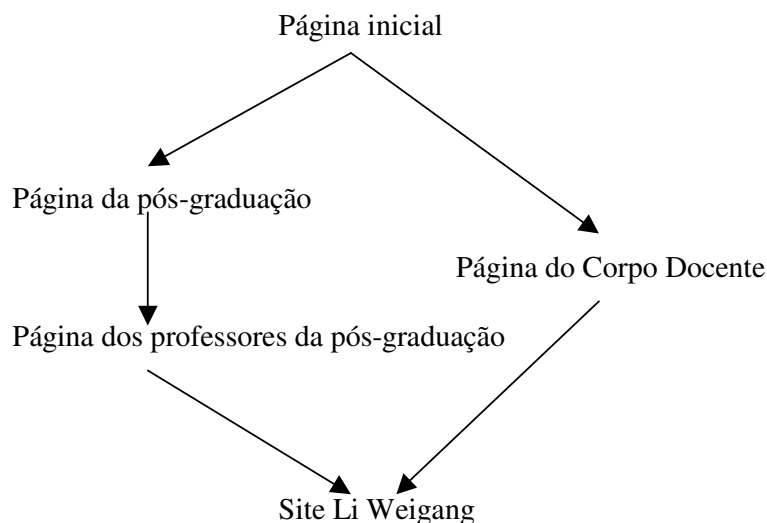


Figura 43 – Estrutura parcial do site do CIC

As navegações foram feitas conforme mostrado na Tabela 10. Nesta

tabela, cada linha representa uma trajetória executada. A ordem cronológica das trajetórias está listada de baixo para cima nesta tabela. As trajetórias em que não foi destacado nenhum link foram executadas quando as taxas de feromônio ainda eram iguais a zero e as trajetórias que a tabela informa que foram simultaneamente destacados os dois links, foram executadas quando as taxas de feromônio para os dois links estavam iguais, o que quer dizer que devemos desconsiderar o destacamento de links nestes casos.

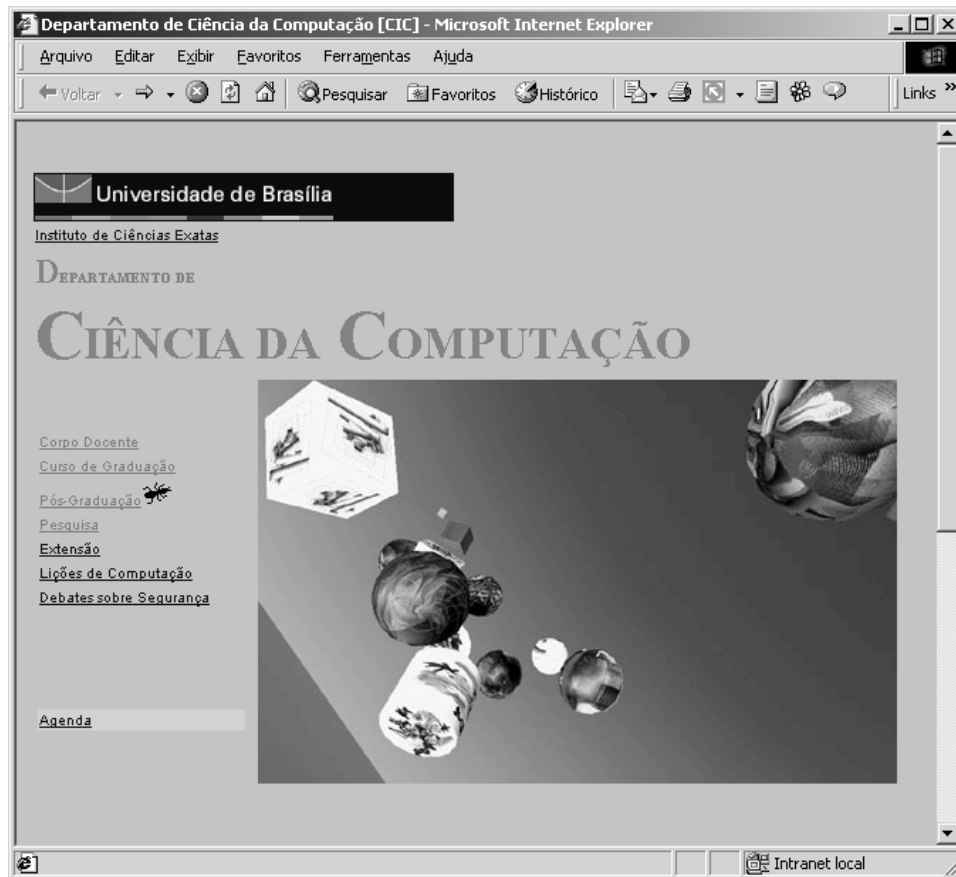


Figura 44 – Uma das páginas obtidas durante o experimento

Quando o sistema não indicava nenhum dos links ou os dois links eram destacados simultaneamente, as trajetórias eram realizadas nos dois caminhos de forma alternada para simular 50% de usuários em cada caminho, caso contrário foi seguido a orientação do sistema. Como o link “Corpo Docente” leva a um caminho mais curto, era esperado que o sistema indicasse este link. Mas o que se observou foi que o sistema indicou o link “Pós-Graduação”. A explicação que encontramos para isto foi que, como o link “Pós-Graduação” foi usado primeiro, no momento em que ocorreu a primeira atualização depois que iniciamos as navegações, a página no

qual o link “Pós-Graduação” levava tinha um acesso a mais que a página corpo docente. E com o efeito autocatalítico, tornou-se impossível que o link “Corpo Docente” se tornasse destacado. Portanto, apesar do nosso esforço em reproduzir o comportamento das formigas, o modelo 1 sempre favorece o caminho mais utilizado, independente do quão melhor é o caminho.

Tabela 10 – Bateria de navegações com o modelo 1

Rota escolhida	Link destacado	
	Corpo Docente	Pós-Graduação
Pós-Graduação		
Corpo Docente		
Pós-Graduação		
Pós-Graduação		X
Pós-Graduação		X
Pós-Graduação		X
Pós-Graduação		X
Pós-Graduação		X
Pós-Graduação		X
Pós-Graduação		X
Pós-Graduação		X
Pós-Graduação		X
Pós-Graduação		X
Pós-Graduação		X
Pós-Graduação		X
Pós-Graduação		X
Pós-Graduação		X
Pós-Graduação		X
Pós-Graduação		X

Para confirmar nossa conclusão, atribuímos zero novamente às taxas de feromônio e repetimos as simulações novamente, mas desta vez usando o link “Corpo Docente” em primeiro lugar. O resultado é mostrado na Tabela 11.

Tabela 11 – Bateria iniciando com o link “Corpo Docente”

Rota escolhida	Link destacado	
	Corpo Docente	Pós-Graduação
Corpo Docente		
Pós-Graduação		
Corpo Docente		
Pós-Graduação		

Corpo Docente		
Pós-Graduação		
Corpo Docente	X	X
Pós-Graduação	X	X
Corpo Docente	X	X
Pós-Graduação	X	X
Corpo Docente	X	X
Pós-Graduação	X	X
Corpo Docente	X	X
Pós-Graduação	X	X
Corpo Docente	X	X
Corpo Docente	X	
Corpo Docente	X	
Corpo Docente	X	

Os novos resultados confirmam nossa conclusão. Nesta nova simulação, quando ocorre a primeira atualização, as taxas de feromônio estão empatadas fazendo com que o sistema destaque os dois links. Na segunda atualização ocorre o mesmo que aconteceu com a primeira bateria de navegações e o link “Corpo Docente” é destacado por ter sido o primeiro a ser utilizado. Portanto a hipótese para o modelo 1 de que ele leva o usuário aos caminhos que possuem menor custo é falsa. Mas por que a avaliação implícita da solução ocorre com as formigas reais e não ocorre com o modelo 1 do AntWeb? A conclusão que chegamos é a seguinte:

No processo de busca de alimento da formiga real, as formigas fazem o caminho de ida e volta entre o formigueiro e a fonte de alimento. Uma mesma formiga pode executar várias vezes a trajetória entre o ninho e a fonte de alimento. As formigas que otimizam o caminho das formigas que estão indo para a fonte de alimento são as formigas que estão voltando e vice versa. É isto que produz a avaliação implícita da solução. Esta característica somada ao efeito autocatalítico faz com os caminhos mais curtos prevaleçam. No caso do usuário da internet isto não ocorre. Normalmente o usuário começa sua navegação na home page do site, navega até sua página destino e depois sai do site ou começa uma nova trajetória até outra página destino [44]. Ele não costuma fazer caminhos de ida e volta entre a home page e a página destino. Portanto, observamos que apesar do modelo 1 produzir um efeito autocatalítico como no comportamento das formigas, ele não

produz a avaliação implícita da solução.

VI.2 Experimentos com o modelo 2

O modelo 2 é na verdade um aperfeiçoamento do modelo 1, sendo muito mais complexo que seu antecessor. No modelo 2, a função de determinar a página que se deve conduzir o usuário desincorporada, fazendo com que agora sua função seja apenas indicar o menor caminho para as páginas que especificamos através do *goodness*. Se estabelecermos que o *goodness* é a popularidade da página, então o modelo 2 passa a fazer o que presumíamos que o modelo 1 faria, ou seja, levar o usuários às páginas mais populares pelo caminho mais curto. Além do modelo 2 fazer o que o modelo 1 prometia fazer no aspecto de auxiliar a navegação do usuário, ele pode ser usando não só com a heurística da popularidade, mas com qualquer outra heurística.

Os experimentos do modelo 2 seguiram os mesmos formatos dos experimentos em [25]. Eles foram feitos através de simulações com formigas andando em estruturas de sites fictícios.

Nas simulações descritas a seguir foram considerados os seguintes valores para a atualização do feromônio:

Coeficiente de evaporação(ρ) = 0,3;

Coeficiente que diz o quanto a distância de uma página ao destino deve afetar o decremento do feromônio (σ) = 1;

As constantes de controle $\alpha = 1$ e $\beta = 0$.

VI.2.1 A diminuição de erros na trajetória do usuário

Um dos problemas encontrados na navegação de sites não bem estruturados é o grande número de páginas acessadas por sessão. Isso ocorre por que muitas vezes o usuário toma uma trajetória errada na hora de procurar sua página. Em sites com estrutura em forma de árvore, os usuários muitas vezes clicam em um link achando que este link vai levá-lo até a sua página. Ao perceber que ele tomou o caminho errado, ele usa o botão back do Browser para voltar até o ponto em que ele errou, para poder tomar o caminho correto. Existem trabalhos de Webmining como em [44] que tentam resolver este problema através da mineração do log e da colocação de links extras nas páginas em que os usuários costumam

errar mais.

O objetivo deste experimento não é provar que o modelo 2 diminui os erros de trajetória como mencionamos na descrição dos experimentos do modelo 1, mas sim provar que, mesmo em uma situação em que existem muitos erros de trajetória, o modelo 2 é capaz de aprender a estrutura do site com eficiência.

Nesta simulação mostramos que a heurística é robusta mesmo quando um grande número de usuário toma o caminho errado inicialmente para sua página objetivo.

A Figura 45 mostra um exemplo de um site apresentado em [25]. Neste exemplo um visitante a cada 5 segundos começa a navegar no site iniciando da home page. Observe que 70% dos usuários tomam o caminho correto e 30% o caminho errado, se considerarmos que eles tem como página objetivo a página 9. Como os browsers hoje em dia possuem sistema de cache que faz com que as páginas que já foram acessadas anteriormente sejam guardadas em disco para o caso do usuário acessá-las novamente, fizemos esta simulação levando isso em consideração. A Tabela 12 mostra a simulação de usuários navegando em nosso site. Nesta tabela, as linhas representam as navegações correspondentes a cada formiga e as colunas os intervalos a cada 5 segundos. Os números mostrados antes de cada trajeto são valores aleatórios que vão determinar a escolha da formiga. A Tabela 13 mostra os acréscimos de feromônio feitos em cada página em relação ao tempo. As linhas representam as páginas e as colunas os intervalos.

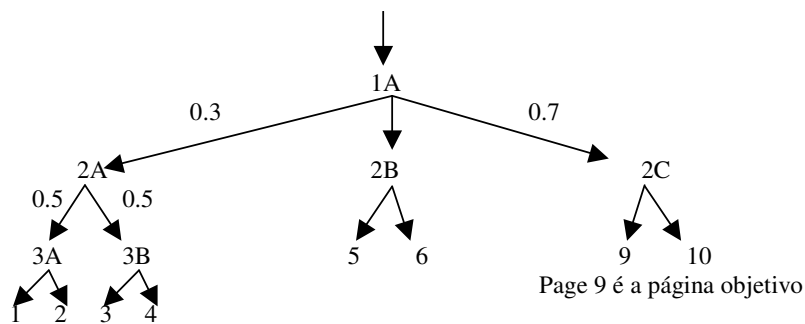


Figura 45 – Site estruturado em árvore

Tabela 12 – Simulação com uma estrutura em arvore $\Delta t = 5 \text{ sec.}$

Time	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
	t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A(1,t)	0,13	2A	3A	3B	2C	-										
A(2,t)		0,39	2C	-												
A(3,t)			0,43	2C	-											
A(4,t)				0,45	2C	-										
A(5,t)					0,09	2A	3A	3B	2C	-						
A(6,t)						0,21	2A	3A	3B	2C	-					
A(7,t)							0,34	2C	-							
A(8,t)								0,47	2C	-						
A(9,t)									0,09	2A	3A	3B	2C	-		
A(10,t)										0,46	2C	-				
A(11,t)											0,18	2A	3A	3B	2C	-
A(12,t)												0,82	2C	-		
A(13,t)													0,20	2A	3A	3B
A(14,t)														0,07	2A	3A
A(15,t)															0,56	2C
A(16,t)																0,88

Tabela 13 – Feromônios adicionados

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1A																
2A						0,2				0,2	0,2			0,2		0,2
2C				0,5	0,5	0,5			0,5	0,5	0,5	0,5		0,5		0,5
3A						0,25				0,25	0,25			0,25		0,25
3B						0,33				0,33	0,33			0,33		0,33
9				1	1	1			1	1	1	1		1		1
						1				1				1		

Os dois links que vão decidir qual caminho o usuário irá seguir para chegar à página 9 são os links que levam as páginas 2A e 2C. Nesta simulação

conforme salientado na Tabela 13, a página 2A recebeu 5 atualizações de feromônio de 0,2 , ficando com **0,17** de feromônio no final da iteração, enquanto a página 2C recebeu 12 atualizações de 0,5 ficando com **0,49** de feromônio.

Usando a Equação 19, obtemos os valores $p_{1A,2A}^9 = 0,26$ e $p_{1A,2C}^9 = 0,74$ ou seja, mesmo com usuário seguindo caminhos errados a heurística apontou a página 2C como melhor página para chegar ao destino 9.

VI.2.2 A indicação de caminhos mais curtos

Esta é a principal hipótese que levou ao desenvolvimento do modelo 2. Considere a seguinte situação mostrada na Figura 46. Existem dois caminhos para a página D no site, sendo um caminho menor do que o outro.

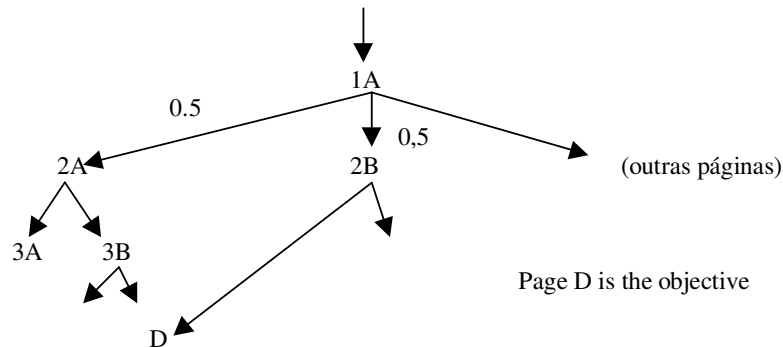


Figura 46 – Site com caminhos de tamanhos diferentes

Neste exemplo, 50% dos usuários utilizam o menor caminho enquanto os outros 50% usam o maior. Assim o AntWeb deverá indicar o menor caminho com o passar do tempo.

Tabela 14 – Simulações com caminhos de tamanhos diferentes

Time																
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A(1,t)	0,62	1A	2B	-												
A(2,t)		0,86	1A	2B	-											
A(3,t)			0,46	1A	2A	3B	-									
A(4,t)				0,38	1A	2A	3B	-								
A(5,t)					0,11	1A	2A	3B	-							
A(6,t)						0,22	1A	2A	3B	-						

A(7,t)							0,97	1A	2B	-							
A(8,t)								0,68	1A	2B	-						
A(9,t)									0,77	1A	2B	-					
A(10,t)										0,13	1A	2A	3B	-			
A(11,t)											0,48	1A	2A	3B	-		
A(12,t)												0,05	1A	2A	3B	-	
A(13,t)													0,72	1A	2B	-	
A(14,t)														0,23	1A	2A	
A(15,t)															0,92	1A	
A(16,t)																	0,57

A Tabela 14 mostra a simulação de visitas de formigas. A Tabela 15 mostra as quantidades de feromônio que serão acrescentadas em cada página em relação ao tempo.

Tabela 15 – Adições de feromônio

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1A				0,3	0,3		0,25	0,25	0,25	0,55	0,3	0,3		0,25	0,25	0,55
2A							0,3	0,3	0,3	0,3				0,3	0,3	0,3
2B				0,5	0,5					0,5	0,5	0,5				0,5
3B							0,5	0,5	0,5	0,5				0,5	0,5	0,5
D				1	1		1	1	1	2	1	1		1	1	2

Os links que irão decidir qual o caminho o usuário vai pegar estão na página 1A. Portanto serão os feromônios de 2A e 2B que farão diferença na hora do usuário escolher o link. Ao final da simulação conforme mostrado na Tabela 15, a página 2A que corresponde ao caminho mais longo recebeu 7 atualizações de 0,3 no final da simulação, ficando com **0,28** de feromônio. A página 2B recebeu 6 atualizações de 0,5, ficando com **0,44** de feromônio.

Assim, usando a Equação 19, obtemos os valores $p_{1A,2A}^D = 0,39$ e $p_{1A,2B}^D = 0,61$. Desta forma, o caminho menor prevaleceu, mostrando a eficiência do modelo na indicação de caminhos curtos.

VI.2.3 Indicação de mais de uma página destino

Esta característica do modelo 2 foi colocada à prova porque o modelo 2 é o

primeiro sistema inspirado no comportamento da formiga que considera mais de um destino na condução da formiga. A Figura 47 mostra a estrutura de um site com 3 páginas destino. Neste exemplo, as 3 páginas destino recebem a mesma quantidade de visitas, ou seja, cada página tem 33% dos acessos dos usuários.

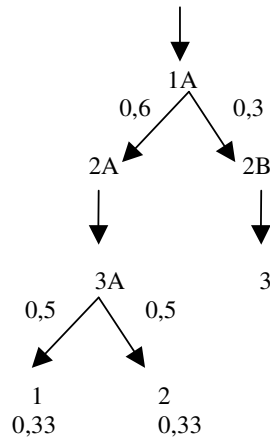


Figura 47 – Estrutura com mais de uma página destino

A Tabela 16 mostra a simulação com formigas e a Tabela 17 mostra a quantidade de feromônio que foi acrescentado pelas formigas nas páginas em relação ao tempo. Como neste caso existe mais de um destino em consideração, usamos uma notação diferente para evitar ambiguidade. A notação usada nas células da Tabela 17 representa: $\Delta\tau_d$, onde $\Delta\tau$ é o acréscimo de feromônio feito naquele instante e d é o destino correspondente.

Tabela 16 – Simulação com mais de um destino

Time																
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A(1,t)	0,96	2B	3													
A(2,t)		0,19	2A	3A	1											
A(3,t)			0,21	2A	3A	1										
A(4,t)				0,39	2A	3A	2									
A(5,t)					0,63	2A	3 ^A	2								
A(6,t)						0,58	2 ^A	3A	2							
A(7,t)							0,73	2B	3							
A(8,t)								0,17	2A	3A	1					
A(9,t)									0,33	2A	3A	2				

A(10,t)										0	2A	3A	1			
A(11,t)											0,75	2B	3			
A(12,t)												0,7	2B	3		
A(13,t)													0,14	2A	3A	1
A(14,t)														0,79	2B	3
A(15,t)															0,9	2B
A(16,t)																0,88

Tabela 17 – Adições de feromônio

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1A																
2A					0,3 ₁	0,3 ₁	0,3 ₂	0,3 ₂	0,3 ₂		0,3 ₁	0,3 ₂	0,3 ₁			0,3 ₁
2B			0,5 ₃						0,5 ₃				0,5 ₃	0,5 ₃		0,5 ₃
3A					0,5 ₁	0,5 ₁	0,5 ₂	0,5 ₂	0,5 ₂		0,5 ₁	0,5 ₂	0,5 ₁			0,5 ₁
1					1 ₁	1 ₁					1 ₁		1 ₁			1 ₁
2							1 ₂	1 ₂	1 ₂			1 ₂				
3			1 ₃						1 ₃				1 ₃	1 ₃		1 ₃

Os feromônios que deverão ser considerados para a tomada de decisão por parte do usuário são aqueles das páginas 2A, 2B, 1 e 2.

Conforme salientado na Tabela 17 verificamos que a página 2A recebeu 5 atualizações de 0,33 para o destino 1, e 4 atualizações para 2, ficando com **0,27₁** e **0,25₂** de feromônio. A página 2B recebeu 5 atualizações de 0,5 para 3, ficando com **0,42₃** de feromônio. A página 1 recebeu 5 atualizações de 1, ficando com **0,83₁** de feromônio. A página 2 recebeu 4 atualizações de 1, ficando com **0,76₂** de feromônio.

Para o teste da heurística com mais de um destino vamos considerar duas situações descritas a seguir.

VI.2.3.1 Situação 1

Nesta situação, o conjunto de páginas destino será $D = \{1,2\}$ com $g^1=1$ e $g^2=2$. Nessas condições, quando o usuário estiver em 1A teremos as probabilidades $p^D_{1A,2A}=1$ e $p^D_{1A,2B}=0$. Isto quer dizer que seguir o link para a página 2A fará com que encontremos mais rápido nossos destinos, o que condiz com a estrutura do site mostrada em Figura 47, uma vez que todos os nossos destinos do conjunto D se

encontram abaixo da página 2A.

Quando o usuário estiver na página 3A, os valores que deverão ser considerados serão $p_{3A,1}^D = 0,35$ e $p_{3A,2}^D = 0,65$. A indicação condiz com nossos parâmetros iniciais, pois estabelecemos um g^2 maior do que o g^1 .

VI.2.3.2 Situação 2

Nesta outra situação, o conjunto de páginas destino será $D = \{1,3\}$ com $g^1 = 1$ e $g^3 = 1$. Dessa forma, como as duas páginas possuem *goodness* iguais, o sistema indicará a página que estiver mais próxima.

Nessas condições, quando o usuário estiver em 1A teremos as probabilidades $p_{1A,2A}^D = 0,4$ e $p_{1A,2B}^D = 0,6$. O fato da probabilidade de 2B ser maior significa que indo para lá encontraremos umas das páginas que estamos procurando de forma mais rápido. Mas a probabilidade de 2A não é tão baixa em relação à de 2B, que reflete o fato de que o link para 2B também leva a alguma página que estamos procurando, apesar do caminho ser mais longo.

Se o usuário for para a página 2A ele vai encontrar as probabilidades $p_{3A,1}^D = 1$ e $p_{3A,2}^D = 0$. Isto se deve ao fato que a página 1 está dentro do conjunto de páginas destinos que estamos procurando enquanto a página 2 não.

CAPÍTULO VII - CONCLUSÃO

Todos os seres humanos tem como missão melhorar um pouco o mundo em que vivemos. Cada um na sua área de atuação. O médico atendendo os enfermos, os engenheiros civis projetando casas, o professor ensinando, e os pesquisadores talvez tenham a função mais estratégica neste cenário, que é gerar conhecimento para que todas as outras funções possam ser realizadas. Hoje milhares de pesquisadores no mundo, nas mais diversas áreas, estão lutando nas universidades para fazer desse mundo um mundo melhor para as pessoas viverem.

De repente, dentro deste mesmo mundo, surge um mundo paralelo que é a World Wide Web. Tornou-se um mundo alternativo para as pessoas se encontrarem, fazerem compras, aprimorarem conhecimentos, montarem seus negócios, se divertirem entre outros. E a missão de todos nós cientistas da Computação, seja da área de Web, hipermídia adaptativa, inteligência artificial e áreas afins é fazer desse mundo virtual um mundo melhor para as pessoas viverem. E quanto mais a Internet se infiltra em outros setores da sociedade, quanto mais a Web cresce, mais nossa missão se torna importante. E esse mundo que cresce a cada dia que passa e cada vez mais vai adquirindo dimensões infinitas. Assim esperamos que o Ant Web adaptativo torne esse mundo virtual que surgiu, um mundo melhor para as pessoas viverem, tornando menos árdua a tarefa de encontrar o que se quer na Web.

Esperamos também que os usuários que utilizarem o AntWeb tomem consciência de que não estão sozinhos neste mundo virtual, que existem pessoas, que como ele, procuram sua fonte de alimento, para se alimentarem de conhecimento, de diversão, de tudo que a Internet pode oferecer.

VII.1 Satisfação dos objetivos

Como foi exposto no Capítulo I o principal objetivo deste trabalho é o estudo da aplicação da meta heurística da formiga na navegação da Internet, ou seja, o desenvolvimento do AntWeb adaptativo baseado na metáfora do comportamento das formigas, possibilitando a implementação de sistemas que procure orientar o usuário na navegação da Internet.

Assim, acreditamos que atingimos os objetivos propostos ao passo que

houve um desenvolvimento considerável no que diz respeito à adaptação da meta heurística da formiga para a navegação na Internet. Foram realizados estudos para determinar diferenças entre a peregrinação da formiga real e a navegação na Internet, através da implementação do modelo 1 também foi desenvolvido um modelo matemático adaptado do Ant System, que permite conduzir os usuários pela Web, o qual chamamos de modelo 2. Foram feitos estudos de caso para análise do modelo 2. Em suma, o AntWeb adaptativo foi desenvolvido e agora é uma solução concreta que nos mostra como o comportamento da formiga pode ser aplicado à navegação da Internet.

Mas apesar do significativo passo que demos, acreditamos que ainda existe muito trabalho a ser feito. O estudo para determinar diferenças entre a peregrinação da formiga e a navegação na Internet foi insignificante perto do que ainda falta ser feito. É necessário disponibilizar a implementação do modelo 1 na Web por um período maior, e a implementação pode ser aprimorada ainda mais para se tornar mais fiel ao comportamento da formiga real. No que diz respeito ao modelo 2, ele talvez possa incorporar mais técnicas de otimização disponíveis na literatura especializada. É preciso também realizar aplicações do AntWeb adaptativo para que este se consolide como um método maduro no cenário de desenvolvimento de Websites adaptativos.

Apesar de não ter sido possível a implementação do modelo 2 na Web em razão dos prazos serem escassos, este trabalho escrito contém todas informações necessárias para a sua implementação. Além disso, o trabalho de implementação será consideravelmente diminuído com o aproveitamento do código da implementação já realizada. O modelo 1 foi implementado através de uma abordagem orientada à objetos justamente para que suas classes possam ser aproveitadas na futura implementação do modelo 2.

Apesar de todo trabalho que falta ser feito, acreditamos que demos uma grande contribuição com o AntWeb. Como um dia alguém disse: “Fazer ciência é como cavar um buraco no chão: Quanto mais cavamos, mais surge o que cavar”. E foi exatamente o que aconteceu com o AntWeb. Hoje existe muito mais o que fazer do que existia antes de começarmos o nosso trabalho.

VII.2 O que sobrou para fazer na implementação

A implementação do modelo 1 funcionou de maneira satisfatória ao ser disponibilizado na Web, mas ainda contém algumas limitações que o impedem de auxiliar uma gama maior de usuários. A principal delas é a restrição à páginas escritas em linguagem HTML.

Hoje em dia existe uma variedade enorme de tecnologias disponíveis na Web, e a cada dia que passa, essa variedade cresce ainda mais. Tornar a implementação do AntWeb compatível com todas essas tecnologias é atualmente impossível. Mas, apesar disto, a linguagem HTML ainda é uma linguagem muito usada na Web, o que implica que o AntWeb é compatível com um grande volume de páginas. No entanto, se essa situação mudar no futuro, a sobrevivência do sistema depende de adaptações para que ele se torne compatível com outras tecnologias. Entre essas tecnologias podemos citar que seria de grande valia fazer com que a implementação fosse compatível com a linguagem XHTML, uma derivação da linguagem XML, flash, shockwave e Java.

Claro que como toda implementação, especialmente na sua primeira versão, o AntWeb precisa ampliar sua fase de testes com vistas a eliminação de bugs.

E finalmente, é preciso fazer com que a implementação do modelo 1 evolua e incorpore novas ideias. Como todo sistema, o AntWeb nunca vai ficar pronto de forma definitiva.

Em relação ao Modelo 2, ele precisa ser implementado para que possa ser experimentado em situações reais e para isso o código fonte da implementação do modelo 1 pode ser útil pelas classes definidas através de orientação a objetos.

VII.3 As dificuldades durante a pesquisa

Pesquisar sobre como utilizar a meta heurística da formiga na Web teve as dificuldades naturais que toda pesquisa tem, mas também teve suas dificuldades excepcionais e inesperadas.

A maioria destas dificuldades se relaciona ao desenvolvimento do projeto de implementação. Obter o código HTML de páginas que não tínhamos como saber previamente sua estrutura, processar e retornar ao usuário Web foi uma tarefa não trivial. Não havia ferramenta alguma disponível para esse propósito. Dessa forma,

fomos obrigados a “improvisar” utilizando a linguagem PHP, que apesar de não ter sido feita para esses propósitos é uma linguagem poderosa e preencheu, ainda que de forma forçada, esta lacuna. Muitas funções de baixo nível foram desenvolvidas, como por exemplo, um parser HTML.

No período do desenvolvimento do sistema, o departamento de Ciência da Computação não tinha um servidor web com a linguagem PHP disponível para os alunos. Fomos obrigados a começar a desenvolver o modelo 1 com servidores PHP gratuitos na Web, como o *coolfreepages* (www.coolfreepages.com) e o *portland* (www.portland.co.uk). Descobrir um servidor gratuito na Web que não tivesse os privilégios de sistema necessários para a hospedagem do AntWeb desabilitados e que não tivesse problemas de quedas frequentes, não foi tarefa fácil. Para encontrar estes servidores, foram usadas informações obtidas do grupo de discussões chamado *PHP* (www.grupos.com.br) e de um índice de sites no site www.superphp.com.br. Apesar desses servidores gratuitos terem sido essenciais para o desenvolvimento do AntWeb, os problemas causados por eles atrasaram substancialmente o projeto de implementação. Para descobrir um servidor que tivesse os requisitos mínimos para desenvolver o AntWeb, foram testados todos os servidores listados em www.superphp.com.br. Muitas vezes começava-se a trabalhar com um determinado servidor e o servidor era desativado, nos obrigando a reiniciar uma nova busca de servidores gratuitos.

Mas no final, quando a implementação já estava no seu período final, conseguimos hospedagem no servidor web do laboratório de informática do curso da graduação em Ciência da Computação da Universidade de Brasília. Foi com essa hospedagem que foi possível dispor o AntWeb na Web, por um período pequeno de tempo, o que nos permitiu fazer nossos experimentos com o modelo 1.

VII.4 Conclusão sobre o experimento

Em relação ao modelo 1, observamos que ele cumpriu seu principal objetivo de permitir o estudo entre as diferenças entre o comportamento da formiga real e a navegação do usuário na Internet. Apesar de não ter sido possível dispor a implementação do modelo 1 na Web e obter dados de navegação de forma satisfatória, pudemos concluir que a avaliação implícita da solução não ocorre na navegação do usuário usando o modelo 1, fazendo navegações fictícias.

No papel de ajudar o usuário na navegação, o modelo 1 do AntWeb adaptativo foi inutilizado pela sua incapacidade de indicar o menor caminho. Apesar de que, mesmo sem a avaliação implícita da solução, seja possível que o modelo 1 traga benefícios, estes mesmos benefícios podem ser alcançados sem a meta heurística da formiga, simplesmente indicando-se os links para as páginas vizinhas mais populares. Apesar disto, o modelo 1 foi fundamental para a construção do modelo 2, que se mostrou eficiente no papel de otimizar a rota do usuário.

Diferente do modelo 1, o modelo 2 mostrou-se eficiente na condução do usuário pelo menor caminho até às páginas destino nos experimentos realizados. Mesmo em situações com características que prejudicam seu processo de aprendizagem da estrutura do site, como no caso em que os usuário tomam trajetórias erradas para suas páginas destino e o cache de páginas do browser do usuário esteja habilitado, o modelo 2 cumpriu seu objetivo.

Mas apesar da superioridade do Modelo 2 comparado ao 1, no que diz respeito a condução do usuário, o modelo 1 ainda é importante para os estudos entre as diferenças na navegação do usuário e a peregrinação da formiga.

VII.5 Recomendações e trabalhos futuros

As possibilidades de trabalhos futuros possíveis de se realizar com o AntWeb são imensas, não sendo possível listar todas nesta seção. No entanto citamos algumas já vislumbradas durante nosso trabalho. Para a obtenção de outras ideias, sugerimos a leitura completa deste documento, pois acreditamos que o leitor poderá formar suas próprias ideias de como o AntWeb pode ser melhorado. Dentre as possibilidades de trabalhos futuros, podemos citar:

- A aplicação do modelo 2 em sistemas adaptativos para sites reais na Internet.

- Fazer um estudo para saber de que forma popularidades anteriores de uma página podem influenciar na relevância de uma página. Sabemos hoje que a popularidade recente de uma página influencia na sua relevância para o usuário como mostra [47], mas ainda não sabemos o quanto as popularidades anteriores podem influenciar a relevância. Se confirmado que as popularidades anteriores são uteis para a determinação da relevância, estaremos comprovando uma nova função para o feromônio.

- A exposição da implementação do modelo 1 por um período maior de tempo e a sua divulgação na Internet de forma que haja um número de acessos significativos ajudaria numa análise posterior dos dados obtidos. Poderíamos então estudar características comuns e distintas relacionadas com a peregrinação das formigas naturais e a navegação dos humanos na Internet. Neste sentido poderíamos estabelecer valores para os parâmetros do sistema de forma mais precisa, bem como criar métodos objetivos para a determinação dos mesmos.

- A aplicação de técnicas de Inteligência Artificial, como o raciocínio baseado em casos, para a inferência das páginas que são interessantes para o usuário para ser usado no *goodnees* do modelo 2 do AntWeb adaptativo.

- A utilização conjunta do AntWeb adaptativo com outras abordagens inteligentes na Web, para estruturação da informação que auxiliem na navegação do usuário, por exemplo [6].

- A realização de estudos com o objetivo de descobrir viabilidades de incorporação do AntWeb adaptativo em outras heurística de navegação adaptativa.

- Incorporar de forma mais significativa a modelagem de usuário no AntWeb adaptativo de forma que o AntWeb possa se adaptar às preferencias e as características de cada usuário.

- A realização de estudos com o objetivo de incorporar o feromônio ao protocolo HTTP fazendo assim com que a resposta do sistema ao usuário seja mais imediata.

Estas foram algumas sugestões elaboradas durante nosso trabalho, no entanto não tivemos a pretensão de completude, pois sabemos que muitas outras podem surgir no momento em que o leitor terminar de lê-los, sendo que uma característica marcante da Web é a velocidade com que a mesma se desenvolve, seja na área científica acadêmica, seja na vida cotidiana das pessoas.

VII.6 Publicações referentes a este trabalho

Weigang, L., M. V. P. Dib, W. M. Teles, V. M. de Andrade, A. C. M. Alves de Melo, J. T. Cariolano, "Using ants' behavior based simulation model AntWeb to improve website organization", in Proc. SPIE's Aerospace/Defense Sensing and Controls Symposium: Data Mining, Vol. 4730, pp. 229-241, Orlando, USA, 2002.

W. M. Teles, L. Weigang, C. G. Ralha, "AntWeb – The Adaptive Web Server Based on the Ants' Behavior", WI (International Conference on Web Intelligence), IEEE/WIC, Halifax, Canada, 2003.

W. M. Teles, L. Weigang, C. G. Ralha, "Uma heurística para guiar os usuários da Internet baseada no comportamento da formiga", ENIA (Encontro Nacional de Inteligência Artificial), SBC, Brazil, 2003.

ANEXO A ALGORITMOS DA IMPLEMENTAÇÃO DE WEBMINING

Todos estes algoritmos foram utilizados na implementação do algoritmo de Webmining de Srikant descrito no Capítulo III.

Processo de filtragem

O processo de filtragem é o processo mais simples dos três e consiste apenas em selecionar dados do arquivo de log baseando-se na tabela de páginas. O objetivo deste processo é filtrar apenas os logs necessários ao sistema e armazená-los na tabela de log. O algoritmo detalhado usado na implementação é descrito abaixo:

```
CrieTabelaLog;
Inicio
Se arquivo de log estiver vazio
Então
Saia;
Vá para o primeiro log do arquivo de log;
Repita
    Se o log atual for de um arquivo existente na Tabela de Páginas
    Então
        Inclua log na tabela de Logs;
Ate estar no último log do arquivo de log;
Fim
```

O algoritmo inicialmente verifica se o arquivo de log está vazio, ou seja, se existe algum log para ser filtrado. Em seguida, o algoritmo percorre todo arquivo de log selecionando os logs de interesse do sistema. O algoritmo sabe se um log é interessante verificando se o arquivo deste log está registrado na tabela de páginas. Se o log for de interesse, o algoritmo inclui o log na tabela de log, caso contrário não o inclui.

Preenchimento da tabela de backtracks

A tabela de backtracks é o objetivo deste processo. Este processo depende do processo descrito anteriormente, pois a matéria prima que ele usa para criação da tabela de localizações esperada é a tabela de logs. O algoritmo usado neste processo é descrito a seguir:

```

PreenchaTabBacktracks
Início
ConstruaHash(T); %Construa Tabela Hash dos links do website;1
Particione Tabela de log por visitante;
Ordene todas as partições pela seqüência cronológica de acessos;
Para cada Partição de Visitante Faça:
    Particione novamente de tal forma que cada nova partição termine com
    a Página Objetivo;
Para cada Partição de Visitante e Página Objetivo, Faça:
    Início
    Crie Lista de Páginas P e insira a partição nela;
    Crie uma Lista de Backtracks B vazia;
    Para i de 2 ate n-2 Faça      %Onde n é o tamanho da partição
        Início
        Se P[i-1] = P[i+1] e não existir link entre as duas
        Então      %P[i] era uma localização esperada
            Adicione P[i] a Lista de Backtracks B;
        Fim
    Se B não está vazio
    Então
        Adicione < P[n], B, P[n-1] > a Tabela de Backtracks;
    Fim
Fim

```

Este algoritmo é baseado na seguinte idéia: Seja esta a seqüência de páginas visitadas por um visitante qualquer:

P1, P2, P1, P3, P4,

Note que o visitante acessou a página P1 em seguida acessou a página P2 e novamente acessou a página P1. Se existe um link entre P1 para P2, o visitante então pode ter usado este link para mudar de página. Se não existe nenhum link em P2 para P1, é evidente que o visitante usou o botão de voltar do seu navegador para acessar P1 novamente. Portanto dada uma página P qualquer. Se a página acessada anterior a P for igual à página acessada posterior a P, então essa página é um ponto de backtrack.

Para descobrir se o visitante usou o botão voltar do navegador para passar de uma página para outra ou se usou um link, é necessário saber se existem links entre as duas páginas. Esta é a função da tabela hash de links montada no

¹ O símbolo "%" será usado na descrição dos algoritmos para indicar o início de um comentário.

algoritmo. O sistema monta a tabela hash a partir da tabela de links do sistema. O motivo de usar uma tabela hash ao invés de acessar diretamente a tabela de links, é aumentar a velocidade de acesso.

Tendo criado a tabela hash, o algoritmo particiona a tabela de log duas vezes. O primeiro processo de particionamento é feito de forma que cada partição corresponda aos logs de determinado visitante. Assim, teremos, neste primeiro particionamento, o número de partições igual ao número de visitantes dentro da tabela de log.

Em seguida, particionamos novamente cada partição gerada no primeiro particionamento da seguinte forma:

- Os logs de cada partição estão ordenados pela seqüência de acesso do visitante.
- Determinamos quais logs correspondem às páginas alvo do visitante.
- Dividimos a partição de forma que cada log de página alvo, corresponda ao final de uma nova partição.

Desta forma, se o visitante acessou N páginas alvos, existiram N partições correspondentes a este visitante. Em outras palavras, o número total de partições da tabela de logs, será o número de páginas objetivo cadastradas no log, pois cada página alvo terá sua partição correspondente.

Depois de realizarmos os dois particionamentos, teremos partições que representam a seqüência de páginas que o visitante acessou antes de encontrar sua página alvo. Cada uma destas partições corresponde a um registro da tabela de backtracks a ser preenchido.

O leitor deve estar se perguntando neste momento: Como o algoritmo sabe quando uma página é alvo ou não, se a tabela de log não informa o tempo que o visitante gastou visitando a página?

Depois de determinarmos o valor threshold, para calcularmos a quantidade de tempo que o visitante gastou visitando uma página, usamos o seguinte método:

1-Obtemos a hora de acesso da página na qual queremos descobrir o tempo de acesso.

2-Obtemos a hora de acesso da página seguinte à página na qual queremos descobrir o tempo de acesso.

3-Subtraímos os dois horários e obtemos o tempo gasto.

Portanto o tempo gasto em um acesso P_i é dado pela relação:

$$\text{Tempo}(P_i) = \text{DataHora}(P_{i+1}) - \text{DataHora}(P_i)$$

Equação 20

Seja a função `TempoVisita`, a função que retornará o tempo que o visitante gastou visitando a página correspondente ao registro corrente da Tabela de Log. Esta função será invocada no momento em que estiver sendo executado o segundo particionamento. Portanto o programa que estará montando a partição, provavelmente estará acessando fisicamente a tabela de log e provavelmente também esta tabela estará ordenada pela seqüência de visita. Assim, esta função poderá ser definida da seguinte forma, considerando a abordagem orientada a objetos, usada pela maioria das linguagens atuais:

```
TempoVisita( )
Inicio
Tempo1 = TabelaLog.Hora.Valor;
TabelaLog.Próximo;
Tempo2 = TabelaLog.Hora.Valor;
TabelaLog.Anterior;
Retorne (Tempo2-Tempo1)
Fim
```

Inicialmente, a função obtém o valor “hora” do registro atual. Em seguida, vai para o próximo registro da tabela e obtém o segundo valor “hora”. A função reposiciona o ponteiro da tabela no registro anterior, de forma a deixar a tabela com a mesma configuração que a função a encontrou. E finalmente retorna a subtração dos dois tempos obtidos.

Voltamos então ao processo de criação da tabela de localizações esperada. Depois de criar as partições o algoritmo percorre cada uma delas a procura de localizações esperada. À medida que encontra as localizações esperadas, o algoritmo as armazena seqüencialmente na lista B. Ao terminar de percorrer a partição o algoritmo verifica se existe algum backtrack em B. Caso exista, ele insere o seguinte registro na tabela de localizações esperada:

Página Objetivo = A página do último log da partição.

LocalizaçõesEsperadas1 = B[1] (ou seja, o primeiro item da lista)

.
.
.

LocalizaçõesEsperadas $N = B[N]$ (o item N da lista B)

LocalizaçãoAtual = A penúltima página da partição que corresponde à localização atual do link que leva até a página alvo.

Note que se o número de localizações esperadas encontradas exceder ao número de atributos definidos, o algoritmo falhará. Assim, convém definir, antes de criar a estrutura da tabela de backtracks, um número máximo estimado de backtracks que o visitante pode realizar antes de encontrar sua página alvo. A tabela de backtracks é uma tabela temporária, por esta razão não nos preocupamos defini-la de forma normalizada. Esta tabela definida desta forma, é mais facilmente manipulada pelos processos seguintes.

Extração de informações da tabela de backtracks

Este é o processo que obtém as informações úteis para reestruturação do site. Este processo usa a tabela de backtracks e dependendo da abordagem escolhida, outras informações como o benefício de visitas do site. O algoritmo básico deste processo é descrito a seguir:

```
Inicio
Particione a tabela de backtracks por página alvo;
Para cada partição Faça:
    Inicio
    Crie a lista R com a estrutura: Página, Peso; % R é a lista da
    páginas recomendadas
    AcheLocalizaçõesRecomendas(S, R);
    Mostre as localizações recomendadas em R para a página alvo desta
    partição;
    Fim
Fim
```

O algoritmo, primeiro particiona a tabela de localizações esperadas pela página alvo. Cada partição de determinada página alvo, servirá para descobrir as localizações recomendadas. O algoritmo trabalhará cada partição separadamente.

Em cada partição, o algoritmo aplicará a função AcheLocalizaçõesRecomendas (S, R) que aqui representa uma das três abordagens para otimização de navegação explicadas mais adiante. Esta função encontra as

localizações recomendadas para a página alvo correspondente a partição que está sendo trabalhada e as armazena na lista R. A variável S, é um ponto de corte para as localizações esperadas. A função colocará em R somente as localizações recomendadas que possuírem peso maior ou igual a S. O peso é uma heurística de quanto é recomendada esta localização para esta página. Quanto maior o peso, mais recomendada é a localização.

Finalmente o algoritmo mostra as localizações recomendadas. Este algoritmo teria uma saída como esta:

página 1

página 2 peso 3,7

página 3 peso 2,5

página 4 peso 2

página 5

página 6 peso 3

página 7 peso 2,3

Onde página 1 e página 5 seriam páginas de conteúdo e as páginas de 2, 3, 4, 6 e 7 as páginas índice que **deveriam** ter algum link para as páginas 1 e 5 respectivamente.

As três abordagens de algoritmos para a função `AcheLocalizaçõesRecomendas(R)` serão descritas a seguir.

Abordagem somente o primeiro

Este algoritmo considera apenas os valores de atributo `LocalizaçãoEsperada1` para inferir qual a melhor localização da página em questão.

```

SomentePrimeiro(S,R);
Inicio
Crie lista P com a estrutura: Página, Peso;
Coloque em P todas as páginas índice de Tabela de Páginas e com Quantidade
= 0;
Para i de 1 até n Faça % onde n é o número de páginas em P
    Inicio
    Conte quantas vezes P[i] aparece no atributo LocalizaçõesEsperadas1
na partição;
    P[i].Peso = Quantidade obtida acima;
    Se P[ i ].Peso >= S
    Então
        Inclua P em R;
    Fim
Ordene R por pelo valor de Peso;
Fim

```

Esta é a abordagem mais simples de todas. Este método utiliza uma lista P que conterà todas as páginas que podem ser localizações esperadas para a página alvo, cadastradas na tabela de páginas. Inicialmente, o algoritmo carrega todas as possíveis páginas na lista P, e inicializa o valor de “Peso” para 0. Depois, para cada item da lista P, conta quantas vezes a página aparece no atributo LocalizaçãoEsperada1 da partição, que é a ponderação usada neste método, e coloca em peso da lista P, o valor encontrado. Este algoritmo inclui em R somente páginas que possuem peso maior ou igual a S, que é o limite informado pelo administrador do site.

Abordagem do aprimoramento do benefício

Na abordagem do aprimoramento do benefício, usaremos o objeto a mais de informação que é o benefício do site em si. Este objeto é representado em nosso algoritmo pela lista B, que é uma lista simples de números reais.

Esta lista representa o benefício da seguinte forma: O item B[1] é o benefício do visitante encontrar sua página alvo na 1ª tentativa. O item B[2] é o benefício do visitante encontrar sua página alvo na 2ª tentativa. E assim por diante. O benefício pode ser inferido estatisticamente, baseado na razão entre a quantidade total de visitantes que encontraram sua página na k-ésima tentativa e sobre o total. Ou pode ser informado empiricamente pelo Administrador Web com base na sua experiência. Neste algoritmo, vamos considerar que a lista B já esteja disponível,

como se fosse uma variável global do programa.

Neste método, a ponderação para que uma localização esperada seja ou não recomendada será o benefício. O algoritmo que implementa esta abordagem é descrito a seguir:

```

AprimoramentoBenefício(S,R)
Início
Crie a lista P da estrutura: Página, Peso;
Coloque em P todas as páginas índice de Tabela de Páginas com Peso = 0;
Repita
    Para cada registro da partição Faça
        Início
        m = número de valores preenchidos de LocalizaçaoEsperada1 a N;
        Para j de 1 ate m Faça
            Início
            Seja P[i] o item correspondente a Página Ej % Ej é a
LocalizaçaoEsperada j;
            P[ i ].Peso = P[ i ].Peso + B[ j ];
            Fim
        Fim
        Página = O item de P com maior Peso;
        Se Peso(Página) >= S
            Então
                Início
                Adicione <Página, Peso(Página)> a lista R; %lista de Páginas
recomendas;
                Para cada registro Faça
                    Início
                    Para k de 1 ate n Faça
                        Início
                        Se Valor(Ek) = P
                            Atribua nulo a Ek, Ek+1, ..., En;
                        Fim
                    Fim
                Inicialize a lista P com Peso=0;
                Fim
        Ate (Peso(Página) < S);

```

Este algoritmo implementa o método guloso para encontrar a melhor localização esperada para página. Este método pondera as possíveis localizações esperadas da seguinte forma: Cada vez que uma página aparece no atributo

LocalizaçãoEsperada K em algum registro da partição, seu peso é incrementado com o valor de $B[K]$ que é o benefício da K -ésima tentativa.

Inicialmente, o algoritmo cria a lista P e a inicializa como na primeira abordagem. Em seguida, percorre todos os registros da partição ponderando as páginas em P com o benefício correspondente. A variável m representa o número de atributos preenchidos de LocalizaçaoEsperada1 a N . Como nós definimos um número de atributos suficientemente grande prevendo uma quantidade máxima de localizações esperadas, quando o visitante não visitar uma quantidade suficiente para preencher todos os atributos, (que certamente serão a maioria dos casos), existirão atributos, no registro em questão, que estarão em branco, e estes estarão sempre à direita dos atributos preenchidos, não havendo necessidade então de percorre-los.

O algoritmo então percorre todos os registros e para cada registros, todos os atributos de LocalizaçaoEsperada1 a m , ponderando cada página na lista P correspondente ao valor do atributo em questão.

Após percorrer todos os registros, e obter as ponderações de cada localização esperada, começa a segunda etapa que é determinar a localização esperada recomendada.

O algoritmo, após inferir os pesos de todas as páginas em P , somente considera localização esperada, a página com maior peso. Para inferir a próxima localização esperada recomendada, o algoritmo apaga todas as localizações esperadas correspondentes a localização esperada que acabamos de encontrar da partição, e as localizações esperada posteriores a ela no registro, e novamente inicializa os pesos da lista P e volta a procurar a próxima localização esperada, como na primeira vez. Cada nova localização esperada que é encontrada, é adicionada a lista R de localizações esperadas recomendadas.

Como característica do método guloso, após encontrar alguma localização esperada recomendada abaixo do valor do S , o algoritmo encerra sua execução, assumindo que as melhores localizações esperadas recomendadas já foram encontradas, sem reconsiderar sua resposta.

Abordagem do aprimoramento de tempo

Esta abordagem considera o tempo que o visitante economizaria se sua página alvo estivesse na localização que ele esperava. Na verdade, a partição não

possui nenhuma informação como quantidade de segundos ou minutos que o visitante gastou procurando sua página. Por isso o algoritmo, considera a ordem em que a localização esperada foi visitada pelo visitante. O algoritmo infere a provável economia de tempo da seguinte forma: se a localização esperada "A" foi a primeira a ser visitada pelo visitante e a "B" a segunda, o visitante teria economizado mais tempo, se a localização de sua página fosse a página A do que se fosse na página B. Assim teríamos que atribuir um peso maior a A. O algoritmo é descrito a seguir:

AprimoramentoTempo(S,R)

Inicio

Crie a lista P da estrutura: Página, Peso;

Coloque em P todas as páginas índice de Tabela de Páginas com Peso = 0;

Repita

 Para cada registro da partição Faça

 Inicio

 m = número de valores preenchidos de LocalizaçaoEsperada1 a N;

 Para j de 1 ate m Faça

 Inicio

 Seja P[i] o item correspondente a Página Ej;

 P[i].Peso = P[i].Peso + (m+1 - j);

 Fim

 Fim

 Página = O item de P com maior Peso;

 Se Peso(Página) >= S

 Então

 Inicio

 Adicione <Página, Peso(Página)> a lista R; %lista de Páginas

recomendas;

 Para cada registro Faça

 Inicio

 Para k de 1 ate n Faça

 Inicio

 Se Valor(Ek) = P

 Atribua nulo a Ek, Ek+1, ..., En;

 Fim

 Fim

 Inicialize a lista P com Peso=0;

 Fim

Ate (Peso(Página) < S);

O algoritmo é semelhante ao algoritmo do Aprimoramento do benefício,

mudando apenas na forma como as páginas são ponderadas, por isso as explicações de como o algoritmo trabalha se restringirão a forma como ele pondera as páginas em P.

O método pondera as páginas da seguinte forma: Seja m a posição da última localização esperada preenchida e j a posição da localização esperada em questão. O peso é dado por:

$$\text{ValorDeIncremento} = m - j + 1$$

Equação 21

Dessa forma, se a página em questão é a última do registro, seu peso será 1, se for a primeira, seu peso será m , seguindo a definição da abordagem na qual as primeiras páginas do registro devem possuir um peso maior que as últimas.

Assim no momento em que o algoritmo estiver percorrendo os registros da partição e os atributos de cada registro, ele incrementará o valor peso da página em P correspondente a página armazenada no atributo analisado com o valor da relação descrita na Equação 21.

ANEXO B ESTRUTURA DO WEB SITE DA POLITEC

```

http://intranet/ (77)
|---http://intranet/recursos_humanos/menu_recursos_humanos.htm
| |---http://intranet/menus/menu_pessoal_telefones_nome.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/conselho_diretor_assessoria.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/diretoria_superintendente_assessoria.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/gerencia_operacional.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/area_adm_financeiro.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/area_tecnica/area_tecnica.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/fabrica_software.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/recursos_humanos/area_rh.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/gerencia_comercial.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/area_adm_financeiro.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/recursos_humanos/area_rh.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/recursos_humanos/
| | |   area_recrutamento_selecao.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/recursos_humanos/area_treinamento.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/recursos_humanos/
| | |   departamento_pessoal.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/recursos_humanos/medicina_trabalho.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/area_tecnica/area_tecnica.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/area_tecnica/atendimento_usuario.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/area_tecnica/consultoria.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/area_tecnica/desenvolvimento.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/area_tecnica/linha_producao.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/area_tecnica/suporte.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/fabrica_software.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_nome/coordenadores_contrato.htm
| |---http://intranet/menus/menu_pessoal_telefones_cargo.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_cargo/gerencia_operacional.htm
| | | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_cargo/area_administrativa_financeira.htm
| | | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_cargo/area_tecnica/area_tecnica.htm
| | | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_cargo/fabrica_software.htm
| | | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_cargo/recursos_humanos/recursos_humanos.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_cargo/gerencia_comercial.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_cargo/area_administrativa_financeira.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_cargo/recursos_humanos/recursos_humanos.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_cargo/recursos_humanos/
| | |   recrutamento_selecao.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_cargo/recursos_humanos/treinamento.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_cargo/recursos_humanos/
| | |   departamento_pessoal.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_cargo/recursos_humanos/medicina_trabalho.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_cargo/area_tecnica/area_tecnica.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_cargo/area_tecnica/atendimento.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_cargo/area_tecnica/consultoria.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_cargo/area_tecnica/desenvolvimento.htm
| | |---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_cargo/area_tecnica/linha_producao.htm

```


||--http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_cargo/area_tecnica/suporte.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_cargo/fabrica_software.htm
 |---<http://bsbserv003/sasp/consulta/default.htm>
 |---<mailto:recrutamento@bsb.politec.com.br>
 |---http://intranet/recursos_humanos/perfil_profissional/perfil_pessoal.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/perfil_profissional/mapa_recursos/jose_silvino_filho.html
 ||--http://intranet/recursos_humanos/perfil_profissional/mapa_recursos/luciana_oliveira_macedo.html
 ||--http://intranet/recursos_humanos/perfil_profissional/mapa_recursos/marcos_antonio_quezado_soares.html
 ||--http://intranet/recursos_humanos/perfil_profissional/mapa_recursos/maria_rosa_steimpaj_matoso.html
 ||--http://intranet/recursos_humanos/perfil_profissional/mapa_recursos/sergio_frossard_de_almeida.html
 ||--http://intranet/recursos_humanos/perfil_profissional/mapa_recursos/simone_silva_ferreira.html
 ||--http://intranet/recursos_humanos/perfil_profissional/mapa_recursos/carlos_eduardo_bianchi_ferratoni.html
 ||--http://intranet/recursos_humanos/perfil_profissional/mapa_recursos/etel_cristina_pires.html
 ||--http://intranet/recursos_humanos/perfil_profissional/mapa_recursos/george_lanes_messias_nascimento.html
 ||--http://intranet/recursos_humanos/perfil_profissional/mapa_recursos/henrique_pedra_jaber.html
 ||--http://intranet/recursos_humanos/perfil_profissional/mapa_recursos/jairo_da_silva_santos.html
 ||--http://intranet/recursos_humanos/perfil_profissional/mapa_recursos/janaina_fioravante_torres.html
 ||--http://intranet/recursos_humanos/perfil_profissional/mapa_recursos/jemima_coelho_de_souza.html
 |---http://intranet/menus/menu_pessoal_telefones_equipe.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_unidade/gerencia_filial.htm
 |||---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_unidade/administrativa_financeira.htm
 |||---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_unidade/area_tecnica/area_tecnica.htm
 |||---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_unidade/fabrica_software.htm
 |||---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_unidade/recursos_humanos/recursos_humanos.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_unidade/gerencia_comercial.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_unidade/administrativa_financeira.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_unidade/recursos_humanos/recursos_humanos.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_unidade/recursos_humanos/recrutamento_selecao.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_unidade/recursos_humanos/treinamento.htm
 |||---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_unidade/recursos_humanos/departamento_pessoal.htm
 |||---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_unidade/recursos_humanos/medicina_trabalho.htm
 |||---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_unidade/area_tecnica/area_tecnica.htm
 |||---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_unidade/area_tecnica/atendimento_usuario.htm
 |||---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_unidade/area_tecnica/consultoria.htm
 |||---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_unidade/area_tecnica/desenvolvimento.htm
 |||---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_unidade/area_tecnica/linha_producao.htm
 |||---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_unidade/area_tecnica/suporte.htm
 |||---http://intranet/recursos_humanos/pessoal_telefones/pessoal_telefone_unidade/fabrica_software.htm
 |---http://intranet/menus/menu_pessoal_telefones_enderecos.htm
 |||---http://intranet/recursos_humanos/pessoal/endereco_telefones/gerencia_operacional/gerencia_operacional.htm
 |||---http://intranet/recursos_humanos/pessoal/endereco_telefones/gerencia_comercial/gerencia_comercial.htm
 |||---http://intranet/recursos_humanos/pessoal/endereco_telefones/administrativa_financeira/administrativa_financeira.htm
 |||---http://intranet/recursos_humanos/pessoal/endereco_telefones/recursos_humanos/recursos_humanos.htm
 |||---http://intranet/recursos_humanos/pessoal/endereco_telefones/recursos_humanos/recrutamento_selecao.htm
 |||---http://intranet/recursos_humanos/pessoal/endereco_telefones/recursos_humanos/treinamento.htm
 |||---http://intranet/recursos_humanos/pessoal/endereco_telefones/recursos_humanos/departamento_pessoal.htm

||--http://intranet/recursos_humanos/pessoal/endereco_telefones/recursos_humanos/medicina_trabalho.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/pessoal/endereco_telefones/coordenador_contrato/area_tecnica/area_tecnica.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/pessoal/endereco_telefones/coordenador_contrato/area_tecnica/atendimento_usuario.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/pessoal/endereco_telefones/coordenador_contrato/area_tecnica/consultoria.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/pessoal/endereco_telefones/coordenador_contrato/area_tecnica/desenvolvimento.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/pessoal/endereco_telefones/coordenador_contrato/area_tecnica/linha_producao.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/pessoal/endereco_telefones/coordenador_contrato/area_tecnica/suporte.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/pessoal/endereco_telefones/fabrica_software/fabrica_software.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/pessoal/endereco_telefones/coordenador_contrato/coordenador_contrato.htm
 ||--http://intranet/menus/menu_quadro_pessoal.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/quadro_pessoal/gerencia_filial_pessoal.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/quadro_pessoal/gerencia_comercial.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/quadro_pessoal/administrativo_financeiro.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/quadro_pessoal/recursos_humanos/recursos_humanos.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/quadro_pessoal/recursos_humanos/recrutamento_selecao.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/quadro_pessoal/recursos_humanos/treinamento.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/quadro_pessoal/recursos_humanos/departamento_pessoal.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/quadro_pessoal/recursos_humanos/medicina_trabalho.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/quadro_pessoal/area_tecnica/area_tecnica.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/quadro_pessoal/area_tecnica/fabrica_projetos.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/quadro_pessoal/area_tecnica/atendimento_usuario.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/quadro_pessoal/area_tecnica/suporte.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/quadro_pessoal/area_tecnica/linha_producao.htm
 ||--http://intranet/recursos_humanos/quadro_pessoal/fabrica_software.htm
 |--http://intranet/beneficios/menu_beneficio.htm
 |--http://intranet/beneficios/projeto_viver_convenios_seguro_vida.htm
 |--http://intranet/beneficios/ppr_manual.htm
 ||--http://intranet/beneficios/ppr_manual_2000.htm
 ||--http://intranet/beneficios/ppr_manual_1999.htm
 || |--mailto:ppr@bsb.politec.com.br
 |--http://intranet/beneficios/projeto_viver_convenios_medico_hospitalar.htm
 |--http://intranet/beneficios/projeto_viver_convenios_odontologica.htm
 |--http://intranet/beneficios/projeto_viver_convenios_farmacia.htm
 |--http://intranet/beneficios/programa_incentivos_posgraduacao.htm
 |--http://intranet/beneficios/projeto_viver_convenios_imobiliaria.htm
 |--http://intranet/beneficios/projeto_viver_convenios_transporte.htm
 |--http://intranet/beneficios/projeto_viver_convenios_lazer.htm
 |--http://intranet/beneficios/projeto_viver_convenios_educacao.htm
 |--http://intranet/beneficios/projeto_viver_convenios_tickt.htm
 || |--mailto:luciana@bsb.politec.com.br
 |--http://intranet/eventos/calendario_eventos.htm
 |--http://intranet/eventos/outsourcing_resultados/menu_outsourcing_resultados.htm
 || |--http://intranet/eventos/outsourcing_resultados/politec.ppt
 || |--http://intranet/eventos/outsourcing_resultados/outsourcing.zip
 |--http://intranet/normas_internas/menu_normas_internas.htm
 |--http://bsbserv004/cnm/menu_cnap/menu_cnap.htm
 || |--http://bsbserv004/cnm/menu_cnap/Apresentação_II.htm
 || |--http://bsbserv004/cnm/menu_cnap/requisitos_II.htm
 || |--http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/Plano%20de%20Estruturação.DOC

|||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/Plano%20de%20Ação%20Emergencial.DOC
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnap/Banco%20de%20Recursos%20Humanos.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnap/Area%20Comercial.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnap/Fabrica%20de%20Projeto%20e%20Software.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnap/Faturamento.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnap/Informações%20Gerenciais.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnap/Tecnologia.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnap/Controle%20de%20Despesas.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnap/Gerência%20de%20Projetos.htm
 |||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/Procedimento%20de%20Avaliação%20Técnica.DOC
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnap/relatorio_de_acompanhamento.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnap/gestãoI.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnap/gestãoII.htm
 |||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/Documentos%20de%20Gestão%20III.XLS
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnap/07%20de%20junho.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnap/11%20de%20julho.htm
 |||---<http://bsbserv004/gestaoprojetos>
 |||---http://bsbserv004/gestaoprojetos/abertura/psq_registro_projeto.asp
 |||---http://bsbserv004/gestaoprojetos/perfil_profissional/psq_tecnico.asp
 |||---http://bsbserv004/gestaoprojetos/capacidade_produtiva/psq_capacidade_produtiva.asp
 ||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnm/menu_cnm.htm
 |||---<http://bsbserv004/cnm/Apresentacao/Apresentação%20CNAP%20e%20CNM.PPT>
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnm/apresentacao_metodologia_junho_2000_modulo_tatico_filial.ppt
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnm/diagrama_II.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnm/fase01_agosto.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnm/fase03_agosto.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnm/fase05_agosto.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnm/fase07_agosto.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnm/fase09_agosto.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnm/fase02_agosto.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnm/fase04_agosto.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnm/fase06_agosto.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnm/fase08_agosto.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnm/introducao_agosto.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnm/matriz_de_responsabilidades.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnm/tecnicas_e_metodos_recomendados_agosto.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnm/questões_mais_frequentes_agosto.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnm/glosario_agosto.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnm/bibliografia_agosto.htm
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnm/formulario.htm
 ||||---<mailto:cnm@bsb.politec.com.br>
 |||---http://bsbserv004/cnm/menu_cnm/palestra_da_semana_metologica.htm
 ||---http://intranet/normas_internas/nbr_iso_9000/pag01.htm
 ||---http://intranet/normas_internas/nbr_iso_9001/pag01.htm
 ||---http://intranet/normas_internas/nbr_iso_9004/pag01.htm
 ||---http://intranet/normas_internas/iso_9000/menu_comite_apoio.htm
 ||---http://intranet/normas_internas/politica_seguranca.htm
 ||---<http://bsbserv007/cyberdocs>
 ||---http://intranet/normas_internas/aquisicao Equipamentos/recomendacoes_tecnicas_servidor.htm
 ||---http://intranet/normas_internas/aquisicao Equipamentos/recomendacoes_tecnicas_estacao_trabalho.htm

| |--http://intranet/normas_internas/aquisicao_equipamentos/recomendacoes_tecnicas_rede.htm
| |--http://intranet/normas_internas/procedimentos/procedimento_atendimento_usuario.htm
| |--http://intranet/normas_internas/procedimentos/procedimento_fabrica_projetos.htm
| |--http://intranet/normas_internas/medicina_trabalho/procedimento.htm
| |--http://intranet/normas_internas/cipa/menucipa.htm
| |--http://intranet/normas_internas/tabagismo/menu_tabagismo.htm
| | |--http://intranet/normas_internas/tabagismo/resolucao.htm
| | | |--http://intranet/normas_internas/tabagismo/ata_12_janeiro_2000.htm
| | | |--http://intranet/normas_internas/tabagismo/ata_02_fevereiro_2000.htm
| |--http://intranet/normas_internas/ler/lerexec_1.htm
|--http://intranet/administrativo_financeiro/menu_adm_financeiro.htm
| |--<http://sispoli/>
| |--http://intranet/coordenacao_contratos/menu_coordenacoes_contrato.htm
| | |--http://intranet/coordenacao_contratos/relação_contratos.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_ABDE.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relação_contrato_ANATEL.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_ASFACE.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_BancoBrasilel.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_BrasilSeg.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_CaixaI.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_CaixaII.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_caixa_salvador.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_Cassi.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_Codeplan.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_DNPM.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_ELETRONORTE.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_ECT.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_FISEPE.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_FUBUNB.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_ICS.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_INCRA.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_MRE.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_MTE.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_SEA.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_SEFP.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_STF.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_STJ.htm
| | | |--http://intranet/coordenacao_contratos/pessoal/contratos/relacao_contrato_TRF_Recife.htm
| |--http://intranet/a_politec/clientes/relação_clientes.htm
|--http://intranet/administrativo_financeiro/produtos/fornecedores_computadores_politec.htm
|--http://intranet/administrativo_financeiro/produtos/fornecedores_softwares_politec.htm
|--http://intranet/administrativo_financeiro/produtos/fornecedores_servicos_politec.htm
|--http://intranet/treinamento/menu_treinamento.htm
| |--http://intranet/treinamento/aviso_inscrição_curso.htm
| |--http://intranet/treinamento/cursos/banco_instrutores.htm
| |--http://intranet/treinamento/relacao_livros.htm
| |--http://intranet/treinamento/cursos/relacao_cursos.htm
|--http://intranet/projetos/menu_fabrica_projetos.htm
| |--http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/menu.htm
| | |--http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/requisitos.doc

|||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/apresentacao_02.htm
 |||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/plano_de_estruturacao.doc
 |||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/plano_de_acao_emergencial.doc
 |||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/paes_especificacao_para_automacao_banco_recursos_humanos_talentos.doc
 |||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/paes_especificacao_para_automacao_area_comercial.doc
 |||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/paes_especificacao_para_automacao_fabricas_de_projeto_e_software.doc
 |||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/paes_especificacao_para_automacao_faturamento.doc
 |||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/paes_especificacao_para_automacao_informacoes_gerenciais.doc
 |||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/paes_especificacao_para_automacao_tecnologia.doc
 |||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/paes_especificacao_para_automacao_controle_de_despesas.doc
 |||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/gerencia_de_projetos.doc
 |||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/avaliacao_tecnica_proposta.doc
 |||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/proposta_tecnica_comercial_exemplo.doc
 |||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/relatorio_de_acompanhamento_de_projeto.htm
 |||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/documento_de_gestao_01.xls
 |||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/documento_de_gestao_02.xls
 |||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/documento_de_gestao_03.xls
 |||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/7_de_junho.htm
 |||---http://bsbserv004/cnap/menu_cnap/relatorio_11_07_2000.doc
 |||---<http://bsbserv004/gestaoprojetos/>
 |||---http://bsbserv004/gestaoprojetos/abertura/psq_registro_projeto.asp
 |||---http://bsbserv004/gestaoprojetos/perfil_profissional/psq_tecnico.asp
 |||---http://bsbserv004/gestaoprojetos/capacidade_produtiva/psq_capacidade_produtiva.asp
 ||---http://intranet/projetos/linha_digitalizacao/acompanhamento_linha_producao.htm
 ||---http://intranet/projetos/pessoal/projeto_milenio/menu_projeto_milenio.htm
 ||---http://intranet/projetos/pessoal/projeto_governnet/menu_projeto_governnet.htm
 ||---http://intranet/projetos/projetos/projeto_intranet/menu_projeto_intranet.htm
 |||---http://intranet/projetos/projetos/projeto_intranet/projeto_apresentacao.htm
 |||---http://intranet/projetos/projetos/projeto_intranet/projeto_intranet.htm
 |||---http://intranet/projetos/projetos/projeto_intranet/projeto_seguranca.htm
 |||---http://intranet/projetos/projetos/projeto_intranet/projeto_estagio_atual.htm
 ||---<http://bsbserv004/gestaoprojetos/default.htm>
 |||---http://bsbserv004/gestaoprojetos/abertura/psq_registro_projeto.asp
 |||---http://bsbserv004/gestaoprojetos/perfil_profissional/psq_tecnico.asp
 |||---http://bsbserv004/gestaoprojetos/capacidade_produtiva/psq_capacidade_produtiva.asp
 |---http://intranet/recursos_tecnologicos/menu_recursos_tecnologicos.htm (280)
 ||---http://intranet/menus/menu_relacao_equipamentos.htm (153)
 |||---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/gerencia_filial/relacao_maquinas.htm
 |||---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/adm_financeiro/relacao_maquinas.htm
 |||---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/area_tecnica/relacao_maquinas.htm
 |||---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/fabrica_software/relacao_maquinas.htm
 |||---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/recursos_humanos/relacao_maquinas.htm
 |||---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/gerencia_comercial/relacao_maquinas.htm
 |||---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/adm_financeiro/relacao_maquinas.htm
 |||---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/recursos_humanos/relacao_maquinas.htm
 |||---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/recrutamento_selecao/relacao_maquinas.htm
 |||---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/area_treinamento/relacao_maquinas.htm
 |||---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/departamento_pessoal/relacao_maquinas.htm
 |||---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/medicina_trabalho/relacao_maquinas.htm
 |||---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/area_tecnica/relacao_maquinas.htm

| |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/fabrica_projetos/relacao_maquinas.htm
| |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/atendimento_usuario/relacao_maquinas.htm
| |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/area_suporte/relacao_maquinas.htm
| |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/linha_digitalizacao/relacao_maquinas.htm
| |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/fabrica_software/relacao_maquinas.htm
| |---http://intranet/menus/menu_relacao_equipamentos_quadro_resumo.htm (154)
| |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/gerencia_filial/quadro_resumo_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/adm_financeiro/quadro_resumo_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/area_tecnica/quadro_resumo_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/fabrica_software/quadro_resumo_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/recursos_humanos/quadro_resumo_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/gerencia_comercial/quadro_resumo_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/adm_financeiro/quadro_resumo_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/recursos_humanos/quadro_resumo_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/recrutamento_selecao/quadro_resumo_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/area_treinamento/quadro_resumo_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/departamento_pessoal/quadro_resumo_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/medicina_trabalho/quadro_resumo_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/area_tecnica/quadro_resumo_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/fabrica_projetos/quadro_resumo_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/atendimento_usuario/quadro_resumo_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/area_suporte/quadro_resumo_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/linha_digitalizacao/quadro_resumo_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/fabrica_software/quadro_resumo_maquinas.htm
| |---http://intranet/menus/menu_relacao_equipamentos_quadro_total.htm (155)
| |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/gerencia_filial/quadro_total_maquinas.htm (310)
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/adm_financeiro/quadro_total_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/area_tecnica/quadro_total_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/fabrica_software/quadro_total_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/recursos_humanos/quadro_total_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/gerencia_filial/quadro_geral_maquinas.htm (308)
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/gerencia_comercial/quadro_total_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/adm_financeiro/quadro_total_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/recursos_humanos/quadro_total_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/recrutamento_selecao/quadro_total_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/area_treinamento/quadro_total_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/departamento_pessoal/quadro_total_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/medicina_trabalho/quadro_total_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/area_tecnica/quadro_total_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/fabrica_projetos/quadro_total_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/atendimento_usuario/quadro_total_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/area_suporte/quadro_total_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/linha_digitalizacao/quadro_total_maquinas.htm
| | |---http://intranet/recursos_tecnologicos/relacao_equipamentos/fabrica_software/quadro_total_maquinas.htm
| |---http://intranet/recursos_tecnologicos/software_homologados.htm
| |---http://intranet/recursos_tecnologicos/cronogramas/cronograma_manutencao_3_1999.htm
| |---http://intranet/recursos_tecnologicos/cronogramas/cronograma_manutencao_4_1999.htm
| |---http://intranet/recursos_tecnologicos/cronogramas/cronograma_manutencao_1_2000.htm
| |---http://intranet/recursos_tecnologicos/cronogramas/cronograma_manutencao_2_2000.htm
| |---http://intranet/recursos_tecnologicos/topologias/topologia_da_internet.htm

| |---http://intranet/recursos_tecnologicos/topologias/topologia_da_intranet.htm
| |---http://intranet/recursos_tecnologicos/topologias/topologia_da_extranet.htm
| |---http://intranet/recursos_tecnologicos/trafego_de_rede.htm
| | |---http://bsbserv006/mrtg/200.252.229.192_2.html
| | |---http://bsbserv006/mrtg/10.61.254.2_2.html
| | |---http://bsbserv006/mrtg/10.61.254.2_5.html
| | |---http://bsbserv006/mrtg/10.61.254.2_3.html
| | |---http://bsbserv006/mrtg/10.61.254.1_2.html
| | |---http://bsbserv006/mrtg/10.61.254.1_3.html
| |---http://www.internettrafficreport.com/
|---http://intranet/tabela_precos/menu_tabela_precos.htm
| |---http://intranet/tabela_precos/tabela_referencial_precos_componentes.htm
| |---http://intranet/tabela_precos/tabela_referencial_precos_estacoes.htm
| |---http://intranet/tabela_precos/tabela_referencial_precos_impessoras.htm
| |---http://intranet/tabela_precos/tabela_referencial_precos_notebooks.htm
| |---http://intranet/tabela_precos/tabela_referencial_precos_scanner.htm
| |---http://intranet/tabela_precos/tabela_referencial_precos_servidores.htm
| |---http://intranet/tabela_precos/preco_software.htm
|---http://www.politec.com.br/iexplorer/curriculos/curriculos_intranet.htm
|---http://suporte/
|---mailto:webmaster@bsb.politec.com.br
|---http://bsbserv007/cyberdocs
|---http://intranet/a_politec/menu_a_politec.htm
| |---http://intranet/a_politec/apresentacao.htm
| |---http://intranet/a_politec/estrutura_organizacional/estrutura_organizacional_politec.htm
| |---http://intranet/a_politec/matriz_filiais_endereco.htm
| |---http://intranet/a_politec/clientes/relacao_clientes.htm
| |---http://intranet/a_politec/parceiros/parceiros.htm
| | |---http://www.pcdocs.com/
| | |---http://www.fulcrum.com/
| | |---http://www.microsoft.com/brasil
| | |---http://www.optika.com/
| | |---http://www.eastmansoftware.com/
| | |---http://www.maximal.com/
| | |---http://www.staffware.com/
| | |---http://www.kofax.com/
| |---http://intranet/a_politec/produtos_servicos/servicos/servicos_politec.htm
| | |---http://intranet/a_politec/produtos_servicos/servicos/recuperacao_textual1.htm
| | |---http://intranet/a_politec/produtos_servicos/servicos/cold1.htm
| | |---http://intranet/a_politec/produtos_servicos/servicos/ged1.htm
| | |---http://intranet/a_politec/produtos_servicos/servicos/ocr_icr1.htm
| | |---http://intranet/a_politec/produtos_servicos/servicos/workflow1.htm
| | |---http://intranet/a_politec/produtos_servicos/servicos/intranet_internet1.htm
| | |---http://intranet/a_politec/produtos_servicos/servicos/base_conhecimento1.htm
| | |---http://intranet/a_politec/produtos_servicos/servicos/resultados.htm
| | |---http://intranet/a_politec/produtos_servicos/servicos/fabrica.htm
| |---http://intranet/a_politec/portifolio/portifolio.htm
| |---http://intranet/a_politec/premios_politec/premios_politec.htm
| |---http://intranet/a_politec/subsidiarias.htm
| |---http://intranet/a_politec/certificacao/relacao_CDIA.htm

| |--http://intranet/a_politec/certificacao/relacao_Microsoft.htm

| |--http://intranet/a_politec/certificacao/relacao_Novell.htm

ANEXO C CÓDIGO FONTE DA IMPLEMENTAÇÃO DO ANTWEB

```
<?PHP
class DecoratorEnd
{
    function unsetNexts()
    {
    }
    function &getOut()
    {
        echo 'Esta operacao nao foi implementada';
    }
}
?>
```

```
<?PHP
class FlushCloser extends Decorator
{
    var $open=true;
    var $nome;
    function FlushCloser($n=null)
    {
        $this->nome=$n;
    }
    function &getOut()
    {
        if ($this->open)
        {
            $this->open=false;
            return Decorator::getOut();
        }
        return null;
    }
}
```

```
}  
?>
```

```
<?PHP  
class Decorator extends DecoratorEnd  
{  
    var $next;  
    function setNext(& $p)  
    {  
        $this->next=& $p;  
    }  
    function &getOut()  
    {  
        if(!isset($this->next))  
        {  
            exit('erro');  
        }  
        return $this->next->getOut();  
    }  
}  
?>
```

```
<?PHP  
class Cache extends Decorator  
{  
    var $cache=array();  
    var $state='passing context';  
    function getOut()  
    {  
        if($this->state=='passing context')  
        {  
            $return=parent::getOut();  
            if(!isset($return))
```

```

        {
            $this->state='pass cache';
            reset($this->cache);
            //                return null;
        }
        else
        {
            array_push($this->cache,$return);
        }
        return $return;
    }
elseif ($this->state=='pass cache')
{
    list($return)=each($this->cache);
    if(!$return)
    {
        reset($this->cache);
    }
    return $return;
}
}
?>

```

```

<?PHP
class DecoratorBuilder
{
    var $last;
    function setNext(&$current)
    {
        if(isset($this->last))
        {
            $this->last->setNext($current);

```

```

    }
    $this->last = &$current;
}
}
?>

<?PHP
class Dissolver extends Decorator
{
    var $buffer;
    function &getOut()
    {
        if(!isset($this->buffer))
        {
            $this->buffer=&Decorator::getOut();
            if(!isset($this->buffer))
            {
                return $this->buffer;
            }
        }
        if(is_array($this->buffer))
        {
            if(!$element=each($this->buffer))
            {
                reset($this->buffer);
                unset($this->buffer );
                return $this->getOut();
            }
            list($return) = $element;
        }
        else
        {
            $return = $this->buffer;

```

```

        unset($this->buffer);
    }
    return $return ;
}
?>

```

```

<?PHP
class StringCache extends DecoratorEnd
{
    var $cacheString="";
    function pushString($h)
    {
        $this->cacheString.=$h;
    }
    function getOut()
    {
        $return = $this->cacheString;
        $this->cacheString = "";
        return $return;
    }
}
?>

```

```

<?PHP
class ReturnKeeper extends Decorator
{
    var $return = array();
    function getOut()
    {
        if(count($this->return)==0)
        {
            $return = parent::getOut();

```

```

        if(!isset($return))
        {
            return $return;
        }
        return $return;
    }
    else
    {
        return array_shift($this->return);
    }
}
function giveBack($r)
{
    array_push($this->return,$r);
}
}
?>

```

```

<?PHP
class StringDecomposer extends Decorator
{
    var $buffer="";
    function giveBack($c)
    {
        $this->buffer=$c.$this->buffer;
    }
    function getOut()
    {
        if($this->buffer=="")
        {
            $this->buffer=parent::getOut();
            if(!isset($this->buffer))
            {

```

```

        return null;
    }
    if($this->buffer=="")
    {
        return null;
    }
}
$return = $this->buffer
{0}
;
$this->buffer = substr($this->buffer,1);
return $return;
}
}
?>

```

```

<?PHP
class InternalUrlsProcessor extends Decorator
{
    var $url;
    function setUrl(& $url)
    {
        $this->url=& $url;
    }
    function isRelative($u)
    {
        $array = parse_url($u);
        if(!isset($array['scheme']))
        {
            return true;
        }
        return false;
    }
}

```

```

function makeAbsolutePath(&$p)
{
    $this->url->testUrl($p);
    $url = parse_url($this->url->get());
    if(substr($url['path'],-1)=='/')
    {
        $url['path'].=$p;
    }
    else
    {
        $url['path']=dirname($url['path']).'/'.$p;
    }
    $p = Miscellaneous::glue_url($url);
}
function process(& $u)
{
    if($this->isRelative($u))
    {
        $this->makeAbsolutePath($u);
    }
    ;
}
function & getOut()
{
    $element = & Decorator::getOut();
    if(!isset($element))
    {
        return $element;
    }
    if($element and $element->isTag() and $element->getType() ==
'START')
    {
        if($element->getName()=='A' and $a = 'HREF')

```



```
{
    $u=$element->getAttribute($a);
    if(isset($u))
    {
        $this->process($u);
        $element->setAttribute($a,$u);
    }
}
if($element->getName()=='IMG' and $a = 'SRC')
{
    $u=$element->getAttribute($a);
    if(isset($u))
    {
        $this->process($u);
        $element->setAttribute($a,$u);
    }
}
if($element->getName()=='FRAME' and $a = 'SRC')
{
    $u=$element->getAttribute($a);
    if(isset($u))
    {
        $this->process($u);
        $element->setAttribute($a,$u);
    }
}
if($element->getName()=='BODY' and $a = 'BACKGROUND')
{
    $u=$element->getAttribute($a);
    if(isset($u))
    {
        $this->process($u);
        $element->setAttribute($a,$u);
    }
}
```

```

        }
    }
    }
    return $element;
}
?>

```

```

<?PHP
class Query
{
    var $connection;
    function setConnection(&$p)
    {
        $this->connection=&$p;
    }
    function execute()
    {
        if(!$query=$this->generateQuery())
        {
            return false;
        }
        if(!$return=mysql_query($query,$this->connection->get()))
        {
            echo "<br/>\n";
            echo $query;
        }
        return $return;
    }
}
?>

```

```

<?PHP

```

```
class AdaptabilityChecker
{
    var $url;
    function setUrl(&$p)
    {
        $this->url = &$p;
    }
    function isAdaptable()
    {
        $url = $this->url->get();
        if($url == 'http://www.cic.unb.br/grad/disciplinas/disciplinas.html')return
false;
        return true;
    }
}
?>
```

```
<?PHP
class AntWeb
{
    var $bDCreator;
    var $adaptabilityChecker;
    var $configuration;
    var $conection;
    var $handlerParser;
    var $log;
    var $pageLoader;
    var $sender;
    var $senderNonHtml;
    var $test;
    var $url;
    function AntWeb($url)
    {
```

```

        $builder= new BuilderWithCache();
        $builder->buildAntWeb($this);
        unset($builder);
        $this->run($url);
    }
    function setAdaptabilityChecker(&$p)
    {
        $this->adaptabilityChecker = &$p;
    }
    function run($url)
    {
        $this->configuration->setIniFile('antweb.ini');
        $this->configuration->load();
        unset($this->configuration);
        $this->bDCreator->execute();
        unset($this->dDCreator);
        $this->url->setUrl($url);
        $this->url->handle();
        if(!$this->pageLoader->openFile())
        {
            $this->url->becomePageNotFound();
            if(!$this->pageLoader->openFile())
            {
                exit('Arquivo de pagina não encontrada não existe');
            }
        }
        unset($this->pageLoader);
        if($this->adaptabilityChecker->isAdaptable())
        {
            $this->sender->sendWholePage();
        }
        else
        {

```

```
        echo '<META HTTP-EQUIV="Refresh" Content="0;URL='.  
        $this->url->get().  
        "'>';  
    }  
    unset($this->sender);  
    unset($this->url);  
    unset($this->adaptabilityChecker);  
    $this->log->execute();  
    unset($this->log);  
    $this->conection->close();  
    unset($this->conection);  
}  
function setPageLoader(&$p)  
{  
    $this->pageLoader = &$p;  
}  
function setDbCreator(&$p)  
{  
    $this->bDCreator =&$p;  
}  
function setTest(&$t)  
{  
    $this->test=&$t;  
}  
function setConection(&$c)  
{  
    $this->conection=&$c;  
}  
function setHandlerParser(& $p)  
{  
    $this->handlerParser=& $p;  
}  
function setSenderNonHtml(& $p)
```

```
{
    $this->senderNonHtml=& $p;
}
function setSender(&$s)
{
    $this->sender=& $s;
}
function setLog(&$l)
{
    $this->log =& $l;
}
function setUrl(& $u)
{
    $this->url=& $u;
}
function setConfiguration(&$c)
{
    $this->configuration=& $c;
}
}
?>
```

```
<?PHP
```

```
class Miscellaneous
```

```
{
    function testImplode()
    {
        $original = ' aaa aaa aaa  aaa  ';
        if($original== implode(' ',explode(' ', $original)) ) echo 'funcionou';
    }
    function cleanArray($a)
    {
        reset($a);
    }
}
```

```

while ($element=each($a))
{
    list($key,$value)=$element;
    if ($value!=' ' and $value!="")
    {
        $return[$key] = $value;
    }
}
return $return;
}
function glue_url ($url)
{
    if (!is_array($url))
    {
        return false;
    }
    // scheme
    $uri = (!empty($url['scheme'])) ? $url['scheme'].':/' : "";
    // user & pass
    if (!empty($url['user']))
    {
        $uri .= $url['user'].':'.$url['pass'].'@';
    }
    // host
    $uri .= $url['host'];
    // port
    $port = (!empty($url['port'])) ? ':'.$url['port'] : "";
    $uri .= $port;
    // path
    $uri .= $url['path'];
    // fragment or query
    if (isset($url['fragment']))
    {

```

```

        $uri .= '#'.$url['fragment'];
    }
    elseif (isset($url['query']))
    {
        $uri .= '?'.$url['query'];
    }
    return $uri;
}
}
?>

```

```
<?PHP
```

```
class BuilderWithCache
```

```

{
    var $adaptabilityChecker;
    var $connection ; //= new MySqlConnection();
    var $configuration ; //= new Configuration();
    var $htmlParser;
    var $linksSelector ; //= new CacheLinksSelector();
    var $url ; //= new Url();
    function buildHtmlParser(& $antWeb)
    {
        $cache = new Cache();
        $decoratorBuilder = new DecoratorBuilder();
        $elementExtractor = new ElementExtractor();
        $exceptionProcessor= new ExceptionProcessor();
        $extractingNonTag = new ExtractingNonTag();
        $extractingTag = new ExtractingTag();
        $internalUrlsProcessor = new InternalUrlsProcessor();
        $pageLoader = new PageLoader();
        $returnKeeper = new ReturnKeeper();
        $stringDecomposer = new StringDecomposer();
        $wrapper = new Wrapper();
    }
}

```



```

$decoratorBuilder->setNext($cache);
$decoratorBuilder->setNext($internalUrlsProcessor);
$decoratorBuilder->setNext($exceptionProcessor);
$decoratorBuilder->setNext($wrapper);
$decoratorBuilder->setNext($elementExtractor);
$decoratorBuilder->setNext($returnKeeper);
$decoratorBuilder->setNext($stringDecomposer);
$decoratorBuilder->setNext($pageLoader);
$elementExtractor->setExtractingNonTag($extractingNonTag);
$elementExtractor->setExtractingTag($extractingTag);
$elementExtractor->setNextToStates();
if(!isset($this->url))
{
    exit('erro: core não criado');
}
$pageLoader->setUrl($this->url);
$internalUrlsProcessor->setUrl($this->url);
$santWeb->setPageLoader(&$pageLoader);
$this->htmlParser = &$cache;
}
function buildDBCreator(& $santWeb)
{
    $dBCreator = new QueryExecuter();
    $queryCreateLogs = new QueryCreateLogs();
    $queryCreateUpdates = new QueryCreateUpdates();
    $queryCreateUrls = new QueryCreateUrls();
    if(!isset($this->conection))
    {
        exit('erro: Core não criado');
    }
    $queryCreateLogs->setConection($this->conection);
    $queryCreateUpdates->setConection($this->conection);
    $queryCreateUrls->setConection($this->conection);
}

```

```

        $dbCreator->pushQuery($queryCreateLogs);
        $dbCreator->pushQuery($queryCreateUpdates);
        $dbCreator->pushQuery($queryCreateUrls);
        $antWeb->setDBCreator($dbCreator);
    }
function buildAdaptabilityChecker(& $antWeb)
{
    $adaptabilityChecker = new AdaptabilityChecker();
    $adaptabilityChecker->setUrl($this->url);
    $antWeb->setAdaptabilityChecker($adaptabilityChecker);
    $this->adaptabilityChecker = &$adaptabilityChecker;
}
function buildCore(& $antWeb)
{
    $connection = new MySqlConnection();
    $configuration = new Configuration();
    $dbAccess = new DBAccess();
    $url = new Url();
    $connection->setConfiguration($configuration);
    $url->setConfiguration($configuration);
    $configuration->setDBAccess($dbAccess);
    $this->connection = &$connection;
    $this->configuration = &$configuration;
    $this->url = &$url;
    $antWeb->setConnection($connection);
    $antWeb->setConfiguration($configuration);
    $antWeb->setUrl($url);
}
function buildDecoratorPheromoneUpdateTrigger(&$trigger)
{
    //$additionCalculator = new QueryAdditionsCalculatorQClicks();
    $decoratorBuilder = new DecoratorBuilder();
    $dissolver = new Dissolver();

```

```

$flushCloser = new FlushCloser();
$intervalMaker = new IntervalMakerCache();
$intervalSetter= new IntervalSetter();
$lastUpdateExtractor = new LastUpdateExtractor();
$pheromoneUpdater = new PheromoneUpdater();
$queryPheromoneUpdater=new QueryExecuter();
$queryAddAdditions = new QueryAddAdditions();
$queryAdditionCalculator = new QueryAdditionsCalculatorQClicks();
$queryCreateUpdatesAux = new QueryCreateUpdatesAux();
$queryCreateUrlsAux = new QueryCreateUrlsAux();
$queryDecayPheromone = new QueryDecayPheromone();
$queryDeleteUpdates = new QueryDeleteUpdates();
$queryDeleteUrls = new QueryDeleteUrls();
$queryDropAdditions = new QueryDropAdditions();
$queryDropUpdatesAux = new QueryDropUpdatesAux();
$queryDropUrlsAux = new QueryDropUrlsAux();
$queryFirstLog = new QueryFirstLog();
$queryInsertUpdate = new QueryInsertUpdate();
$queryInsertUpdates = new QueryInsertUpdates();
$queryInsertUrls = new QueryInsertUrls();
$queryLastUpdate = new QueryLastUpdate();
$decoratorBuilder->setNext($pheromoneUpdater);
$decoratorBuilder->setNext($dissolver);
$decoratorBuilder->setNext($flushCloser);
$decoratorBuilder->setNext($intervalMaker);
$intervalMaker->setLastUpdate($lastUpdateExtractor);
$lastUpdateExtractor->setQueryFirstLog($queryFirstLog);
$lastUpdateExtractor->setQueryLastUpdate($queryLastUpdate);
$pheromoneUpdater->setIntervalSetter($intervalSetter);
$pheromoneUpdater-
>setQueriesPheromoneUpdater($queriesPheromoneUpdater);
$intervalSetter->pushQuery($queryAdditionCalculator);
$intervalSetter->pushQuery($queryInsertUpdate);

```

```

$intervalSetter->pushQuery($queryInsertUrls);
$queryesPheromoneUpdater->pushQuery($queryInsertUpdate);
$queryesPheromoneUpdater->pushQuery($queryDecayPheromone);
$queryesPheromoneUpdater->pushQuery($queryInsertUrls);
$queryesPheromoneUpdater->pushQuery($queryAdditionCalculator);
$queryesPheromoneUpdater->pushQuery($queryCreateUrlsAux);
$queryesPheromoneUpdater->pushQuery($queryAddAdditions);
$queryesPheromoneUpdater->pushQuery($queryDeleteUrls);
$queryesPheromoneUpdater->pushQuery($queryDropUrlsAux);
$queryesPheromoneUpdater->pushQuery($queryDropAdditions);
$queryesPheromoneUpdater->pushQuery($queryCreateUpdatesAux);
$queryesPheromoneUpdater->pushQuery($queryDeleteUpdates);
$queryesPheromoneUpdater->pushQuery($queryInsertUpdates);
$queryesPheromoneUpdater->pushQuery($queryDropUpdatesAux);
$queryInsertUpdate-
>setQueryAdditionCalculator($queryAdditionCalculator);
$this->buildCore($trigger);
$queryAddAdditions->setConection($this->conection);
$queryAdditionCalculator->setConection($this->conection);
$queryCreateUrlsAux->setConection($this->conection);
$queryDecayPheromone->setConection($this->conection);
$queryDeleteUrls->setConection($this->conection);
$queryDropAdditions->setConection($this->conection);
$queryDropUrlsAux->setConection($this->conection);
$queryFirstLog->setConection($this->conection);
$queryInsertUpdate->setConection($this->conection);
$queryInsertUrls->setConection($this->conection);
$queryLastUpdate->setConection($this->conection);
$queryCreateUpdatesAux->setConection($this->conection);
$queryDeleteUpdates->setConection($this->conection);
$queryInsertUpdates->setConection($this->conection);
$queryDropUpdatesAux->setConection($this->conection);
$intervalMaker->setConfiguration($this->configuration);

```

```

    $lastUpdateExtractor->setConfiguration($this->configuration);
    $queryAddAdditions->setConfiguration($this->configuration);
    $queryDecayPheromone->setConfiguration($this->configuration);
    $queryInsertUpdate->setConfiguration($this->configuration);
    $trigger->setConfiguration($this->configuration);
    $trigger->setPheromoneUpdater($pheromoneUpdater);
    $trigger->setLastUpdate($queryLastUpdate);
    $trigger->setQueryAdditionCalculator($queryAdditionCalculator);
}
function buildDecoratorLinksSelector()
{
    $linksArrayMaker = new LinksArrayMaker();
    $linksFilter = new LinksFilter();
    $linksSelector = new CacheLinksSelector();
    $querySelectLinks = new QuerySelectLinks();
    $decoratorBuilder = new DecoratorBuilder();
    $decoratorBuilder->setNext($linksSelector);
    $decoratorBuilder->setNext($linksArrayMaker);
    $decoratorBuilder->setNext($linksFilter);
    $decoratorBuilder->setNext($this->htmlParser);
    $linksSelector->setQuerySelectLinks($querySelectLinks);
    $this->linksSelector = &$linksSelector;
    if(!isset($this->connection) or !isset($this->configuration))
    {
        exit('core not built');
    }
    $querySelectLinks->setConnection($this->connection);
    $querySelectLinks->setConfiguration($this->configuration);
}
function buildDecoratorPageAdapter(& $antWeb)
{
    $dissolver = new Dissolver();
    $linksGuider = new LinksGuider();

```

```

$linksHighlighter = new LinksHighlighter();
$sender = new Sender();
$unWrapper = new Unwrapper();
$decoratorBuilder = new DecoratorBuilder();
if(!isset($this->configuration))
{
    exit('erro: core não criado');
}
$linksGuider->setConfiguration($this->configuration);
$linksHighlighter->setConfiguration($this->configuration);
$decoratorBuilder->setNext($sender);
$decoratorBuilder->setNext($unWrapper);
$decoratorBuilder->setNext($linksGuider);
$decoratorBuilder->setNext($dissolver);
$decoratorBuilder->setNext($linksHighlighter);
$decoratorBuilder->setNext($this->htmlParser);
$antWeb->setSender($sender);
$this->buildDecoratorLinksSelector();
$linksHighlighter->setLinksSelector($this->linksSelector);
}
function buildLog(& $antWeb)
{
    $queryInsertLog = new QueryInsertLog();
    if(!isset($this->linksSelector))
    {
        exit('Links selector not built');
    }
    $queryInsertLog->setLinksSelector($this->linksSelector);
    if(!isset($this->conection)
    or !isset($this->configuration)
    or !isset($this->url))
    {
        exit('core not built');
    }
}

```

```

    }
    $queryInsertLog->setConection($this->conection);
    $queryInsertLog->setConfiguration($this->configuration);
    $queryInsertLog->setUrl($this->url);
    $queryInsertLog->setAdaptabilityChecker($this->adaptabilityChecker);
    $antWeb->setLog($queryInsertLog);
}
function buildAntWeb(& $antWeb)
{
    $this->buildCore($antWeb);
    $this->buildDBCcreator($antWeb);
    $this->buildHtmlParser($antWeb);
    $this->buildDecoratorPageAdapter($antWeb);
    $this->buildAdaptabilityChecker($antWeb);
    $this->buildLog($antWeb);
}
}
?>

```

```

<?PHP
class QueryExecuter
{
    var $queries;
    var $i=0;
    function QueryExecuter()
    {
        $this->queries = array();
    }
    function pushQuery(&$p)
    {
        $this->queries[$this->i]= &$p;
        $this->i++;
    }
}

```

```

function execute()
{
    reset($this->queries);
    while (list(,$query)= each(&$this->queries))
    {
        if(!$return=$query->execute())
        {
            return $return;
        }
    }
}
?>

```

```

<?PHP
class HandlerHtmlParser extends Decorator
{
    var $htmlParser;
    var $closed=false;
    function setHtmlParser(&$i)
    {
        $this->htmlParser=&$i;
    }
    /*
    function getOut()
    {
        $return=$this->htmlParser->shiftElement();
        if(!isset($return))
        {
            $in=parent::getOut();
            if(isset($in))
            {
                $this->htmlParser->pushHtml($in);
            }
        }
    }
}
?>

```



```

$return=$this->htmlParser->shiftElement();
}
}
return $return;
}
*/
function getOut()
{
    if(!$this->closed)
    {
        while ($html = parent::getOut())
        {
            $this->htmlParser->pushHtml($html);
        }
        $this->closed=true;
    }
    return $this->htmlParser->shiftElement();
}
}
?>

```

```

<?PHP
class MySqlConnection
{
    var $connection;
    var $mysqlhost;
    var $username;
    var $password;
    var $databasename;
    var $configuration;
    function setConfiguration(&$c)
    {
        $this->configuration=&$c;
    }
}

```

```

}
function loadConfiguration()
{
    $this->mysqlhost=$this->configuration->data('mysqlhost');
    $this->username =$this->configuration->data('username');
    $this->password = $this->configuration->data('password');
    $this->databasename = $this->configuration->data('databasename');
}
function conect()
{
    $this->loadConfiguration();
    if($this->conection = mysql_connect($this->mysqlhost,$this-
>username,$this->password))
    {
        mysql_select_db($this->databasename, $this->conection);
        return true;
    }
    else
    {
        echo "não é possível fazer a conexão com o Banco de
dados\n".mysql_error();
        return false;
    }
}
function get()
{
    if(!$this->conection)
    {
        $this->conect();
    }
    return $this->conection;
}
function close()

```

```
{
    if($this->conection)
    {
        mysql_close($this->conection);
        unset($this->conection);
    }
}
?>
```

```
<?PHP
class Configuration
{
    var $iniFile;
    var $configuration;
    var $dbAccess;
    function setDBAccess(&$p)
    {
        $this->dbAccess=&$p;
    }
    function Configuracao($if)
    {
        $this->iniFile=$if;
    }
    function setIniFile($if)
    {
        $this->iniFile=$if;
    }
    function data($d)
    {
        $ret=$this->configuration["$d"];
        return $ret;
    }
}
```

```

function load()
{
    if($this->configuration = parse_ini_file($this->iniFile))
    {
        $this->configuration['mysqlhost']=$this->dBAccess-
>data('mysqlhost');
        $this->configuration['username']=$this->dBAccess-
>data('username');
        $this->configuration['password']=$this->dBAccess-
>data('password');
        $this->configuration['databasename']=$this->dBAccess-
>data('databasename');
        return true;
    }
    else
    {
        echo "arquivo $this->iniFile não foi encontrado";
        return null;
    }
}
?>

```

```

<?PHP
class DBAccess
{
    var $configuration;
    function DBAccess()
    {
        $this->setConfiguration();
    }
    function setConfiguration()
    {

```

```
$bd='linf';
if($bd=='linf')
{
    $this->configuration['mysqlhost']='ftp.linf.unb.br';
    $this->configuration['username']='antweb';
    $this->configuration['password']='123456';
    $this->configuration['databasename']='antweb';
}
}
function data($d)
{
    $ret=$this->configuration[$d];
    return $ret;
}
}
?>
```

```
<?PHP
class Url
{
    var $url;
    var $configuration;
    var $element;
    var $tested=true;
    function get()
    {
        return $this->url;
    }
    function testUrl($f)
    {
        if(!$this->tested)
        {
            if(substr($this->url,-1)!='')
```

```

        {
            $url = $this->url.''.$f;
            if(@fopen($url,'r'))
            {
                $this->url.='';
            }
        }
        $this->tested = true;
    }
}
function putSlash()
{
    $url=parse_url($this->url);
    $path=pathinfo($url['path']);
    if(!isset($path['extension']))
    {
        $this->url.='';
    }
}
function parse()
{
    $this->element=parse_url($this->url);
}
function setUrl($u)
{
    $this->url=$u;
}
function setConfiguration(&$c)
{
    $this->configuration=& $c;
}
function processExcetion(&$u)
{

```

```

        //if($u=='http://www.exatas.unb.br/cic/mestrado') $u.='';
    }
    function handle()
    {
        if(empty($this->url))
        {
            $this->url = $this->configuration->data('deufaut_page');
        }
        $this->url=urldecode($this->url);
        $url=parse_url($this->url);
        if(!isset($url['scheme']))
        {
            $this->url='http://'.$this->url;
        }
        $this->processExcetion($this->url);
        $this->putSlash();
    }
    function becomePageNotFound()
    {
        $this->setUrl($this->configuration->data('page_not_found'));
        $this->handle();
    }
}
?>

```

```

<?PHP
class QueryCreateLogs extends Query
{
    function generateQuery()
    {
        return 'CREATE TABLE IF NOT EXISTS Logs ('.
            'dateTime DATETIME NOT NULL, '.
            'ip CHAR(15) NOT NULL ,'.

```

```

'url CHAR(255) BINARY NOT NULL ,'.
'PRIMARY KEY (dateTime,ip,url),'.
'host CHAR(255) BINARY,.'.
'maxLinksToShow TINYINT UNSIGNED,.'.
'numberLinks INT UNSIGNED,.'.
'threshold DOUBLE UNSIGNED,.'.
'suggestion1 CHAR(255) BINARY,.'.
'pheromone1 DOUBLE UNSIGNED,.'.
'suggestion2 CHAR(255) BINARY,.'.
'pheromone2 DOUBLE UNSIGNED,.'.
'suggestion3 CHAR(255) BINARY,.'.
'pheromone3 DOUBLE UNSIGNED,.'.
'isAdaptable TINYINT ');
    }
}
?>

<?PHP
class QueryCreateUpdates extends Query
{
    function generateQuery()
    {
        return 'CREATE TABLE IF NOT EXISTS Updates ('.
            'lastEnd DATETIME NOT NULL,.'.
            'PRIMARY KEY (lastEnd),.'.
            'lastStart DATETIME ,'.
            'dateTime DATETIME ,'.
            'decayCoefficient DOUBLE UNSIGNED,.'.
            'function CHAR(100),.'.
            'quantity BIGINT UNSIGNED,.'.
            'iterationTime INT UNSIGNED)';
    }
}

```


?>

<?PHP

```
class QueryCreateUrls extends Query
```

```
{
```

```
    function generateQuery()
```

```
    {
```

```
        return 'CREATE TABLE IF NOT EXISTS Urls ('.
```

```
        'url CHAR(255) BINARY PRIMARY KEY, '.
```

```
        'pheromone DOUBLE UNSIGNED)';
```

```
    }
```

```
}
```

?>

<?PHP

```
class ExtractingElement extends Decorator
```

```
{
```

```
    var $description;
```

```
    function setDescription($p)
```

```
    {
```

```
        $this->description = &$p;
```

```
    }
```

```
    function getDescription()
```

```
    {
```

```
        return $this->description;
```

```
    }
```

```
}
```

?>

<?PHP

```
class ExtractingNonTag extends ExtractingElement
```

```
{
```

```
    function ExtractingNonTag()
```

```

    {
        $this->setDescription('Sending non tag');
    }
function getOut()
{
    $return=parent::getOut();
    if(!isset($return))
    {
        return $return;
    }
    if($return=='<')
    {
        exit('erro sending non tag');
    }
    for(;;)
    {
        $scar=parent::getOut();
        if((!isset($scar))or($scar=='<'))
        {
            $this->next->giveBack($scar);
            return $return;
        }
        $return.=$scar;
    }
}
?>

```

```

<?PHP
class ExtractingTag extends ExtractingElement
{
    function ExtractingTag()
    {

```

```
        $this->setDescription('Sending tag');
    }
function extractUntilDoubleQuote()
{
    $return="";
    $car=parent::getOut();
    while (isset($car))
    {
        $return.=$car;
        if($car=="")
        {
            break;
        }
        $car=parent::getOut();
    }
    return $return;
}
function extractUntilSimpleQuote()
{
    $car=parent::getOut();
    while (isset($car))
    {
        $return.=$car;
        if($car=="")
        {
            break;
        }
        $car=parent::getOut();
    }
    return $return;
}
function getOut()
{
```

```

    $return=parent::getOut();
    if(!isset($return))
    {
        return $return;
    }
    if($return!='<')
    {
        exit('erro sending tag!');
    }
    do
    {
        $car=parent::getOut();
        if((!isset($car))or($car=='<'))
        {
            $this->next->giveBack($car);
            return $return;
        }
        $return.=$car;
    }
    while($car!='>');
    return $return;
}
?>

```

```

<?PHP
class ElementExtractor extends Decorator
{
    var $sendingNonTag;
    var $sendingTag;
    var $currentState;
    function setNextToStates()
    {

```

```

        $this->sendingNonTag->setNext($this->next);
        $this->sendingTag->setNext($this->next);
    }
    function setExtractingNonTag(&$p)
    {
        $this->sendingNonTag = &$p;
    }
    function setExtractingTag(&$p)
    {
        $this->sendingTag = &$p;
    }
    function setCurrentState(&$p)
    {
        $this->currentState = &$p;
    }
    function getOut()
    {
        $first=parent::getOut();
        $this->next->giveBack($first);
        if (!isset($this->currentState))
        {
            if($first=='<' )
            {
                $this->setCurrentState($this->sendingTag);
            }
            else
            {
                $this->setCurrentState($this->sendingNonTag);
            }
        }
        elseif ($this->currentState->getDescription()==$this->sendingNonTag-
>getDescription())
        {

```

```

        $this->setCurrentState($this->sendingTag);
    }
    elseif ($this->currentState->getDescription() == $this->sendingTag-
>getDescription())
    {
        if($first !='<' )
        {
            $this->setCurrentState($this->sendingNonTag);
        }
    }
    return $this->currentState->getOut();
}
}
?>

```

```

<?PHP
class Wrapper extends Decorator
{
    function &getOut()
    {
        $t = Decorator::getOut();
        if(!isset($t))
        {
            return $t;
        }
        $e = new HtmlElementParser($t);
        return $e;
    }
}
?>

```

```

<?PHP
class HtmlParser

```

```

{
    var $stringCache;
    var $wrapper;
    function HtmlParser()
    {
        $stringCache = new StringCache();
        $stringDecomposer = new StringDecomposer();
        $elementExtractor = new ElementExtractor();
        $wrapper = new Wrapper();
        $extractingTag = new ExtractingTag();
        $extractingNonTag = new ExtractingNonTag();
        $this->wrapper = & $wrapper;
        $this->stringCache = &$stringCache;
        $wrapper->setNext($elementExtractor);
        $elementExtractor->setNext($stringDecomposer);
        $stringDecomposer->setNext($stringCache);
        $elementExtractor->setExtractingNonTag($extractingNonTag);
        $elementExtractor->setExtractingTag($extractingTag);
        $elementExtractor->setNextToStates();
    }
    function pushHtml($h)
    {
        $this->stringCache->pushString($h);
    }
    function shiftElement()
    {
        return $this->wrapper->getOut();
    }
    /* function setStringCache(&$p)
    {
        $this->stringCache = &$p;
    }
    function setWrapper(&$p)

```

```
    {  
        $this->wrapper = &$p;  
    }  
    */  
}  
?>
```

```
<?PHP
```

```
class HtmlElementParser
```

```
{  
    var $dataProcessing;  
    var $isTag;  
    var $type;  
    var $name;  
    var $atributes;  
    function HtmlElementParser($e)  
    {  
        if(isset($e))  
        {  
            $this->setElement($e);  
        }  
        else  
        {  
            exit('erro: O construtor não está sem parametros');  
        }  
    }  
    function setElement($s)  
    {  
        unset($this->isTag);  
        unset($this->type);  
        unset($this->name);  
        unset($this->atributes);  
        $this->dataProcessing=$s;  
    }  
}
```



```

}
function isTag()
{
    if(!isset($this->isTag))
    {
        $nontag=strip_tags($this->dataProcessing);
        $lastcar =substr($this->dataProcessing,-1);
        if($nontag==" and $lastcar=='>'
        and $this->dataProcessing!='>')
        {
            $this->isTag=true;
            $this->dataProcessing=trim($this->dataProcessing,'<>');
            $this->dataProcessing=trim($this->dataProcessing);
        }
        else
        {
            $this->isTag=false;
        }
    }
    return $this->isTag;
}
function getType()
{
    if(!isset($this->type))
    {
        if(!$this->isTag())
        {
            return false;
        }
        if($this->dataProcessing
        {0}
        == '/' )
        {

```

```

        $this->type = 'END';
    }
    else
    {
        $this->type = 'START';
    }
    $this->dataProcessing=ltrim($this->dataProcessing,"/");
    $this->dataProcessing=trim($this->dataProcessing);
}
return $this->type;
}
function getName()
{
    if(!isset($this->name))
    {
        if(!$this->getType())
        {
            return false;
        }
        $this->dataProcessing=explode(' ', $this->dataProcessing);
        $this->name=trim(strtoupper(array_shift($this->dataProcessing)
));
        $this->dataProcessing=implode(' ', $this->dataProcessing);
        $this->dataProcessing=trim($this->dataProcessing);
    }
    return $this->name;
}
function getAttribute($a)
{
    if (!isset($this->atributes))
    {
        if(!$this->getName())
        {

```

```

        return false;
    }
    $this->load();
}
return isset($this->atributes[$a])?$this->atributes[$a]:null;
}
function setAttribute($name,$value)
{
    if (!isset($this->atributes))
    {
        if (!$this->getName())
        {
            return false;
        }
        $this->load();
    }
    $this->atributes[$name]=$value;
}
function load()
{
    if (!isset($this->atributes))
    {
        if (!$this->getName())
        {
            return false;
        }
        $this->atributes=array();
        while (!$this->dataProcessing=="")
        {
            $this->atributes[$this->shiftAttributeName()]=$this->shiftAttributeValue();
        }
        unset($this->dataProcessing);
    }
}

```

```

    }
}
function shiftAttributeName()
{
    $this->dataProcessing=explode('=', $this->dataProcessing);
    $name=strtoupper(array_shift($this->dataProcessing));
    $this->dataProcessing=implode('=', $this->dataProcessing);
    $this->dataProcessing=trim($this->dataProcessing);
    return trim($name);
}
function shiftAttributeValue()
{
    if(!$this->dataProcessing)
    {
        return null;
    }
    $delimiter = $this->dataProcessing
    {0}
    ;
    if($delimiter==" " or $delimiter=="")
    {
        $this->dataProcessing=explode($delimiter, $this-
>dataProcessing);
        array_shift($this->dataProcessing);
        $value=array_shift($this->dataProcessing);
        $this->dataProcessing=implode($delimiter, $this-
>dataProcessing);
    }
    else
    {
        $this->dataProcessing=explode(' ', $this->dataProcessing);
        $value=array_shift($this->dataProcessing);
        $this->dataProcessing=implode(' ', $this->dataProcessing);
    }
}

```

```

    }
    $this->dataProcessing=trim($this->dataProcessing);
    return $value;
}
function getElement()
{
    $this->undolsTag();
    return $this->dataProcessing;
}
function undolsTag()
{
    if(isset($this->isTag))
    {
        $this->undoType();
        if($this->isTag)
        {
            $this->dataProcessing = '<'.$this->dataProcessing.>';
        }
        unset($this->isTag);
    }
}
function undoType()
{
    if(isset($this->type))
    {
        $this->undoName();
        if($this->getType()=='END')
        {
            $this->dataProcessing = '/' . $this->dataProcessing;
        }
        unset($this->type);
    }
}
}

```

```

function undoName()
{
    if(isset($this->name))
    {
        $this->undoAtributes();
        $this->dataProcessing=$this->getName().' '.$this-
>dataProcessing;
        unset($this->name);
    }
}
function undoAtributes()
{
    if(isset($this->atributes))
    {
        $this->dataProcessing = "";
        reset($this->atributes);
        while (list($name,$value)=each($this->atributes))
        {
            $this->dataProcessing.=" $name = \"\$value\"";
        }
        $this->dataProcessing=trim($this->dataProcessing);
        unset($this->atributes);
    }
}
function test()
{
    $this->setElement('<asdf');
    if ($this->isTag()) echo var_dump($this);;
    $this->setElement('<asdf>');
    if ($this->getType()!='START')echo $this->getType();
    if ($this->getName()!='ASDF' )echo $this->getName();
    $this->setElement('</asdf>');
    if ($this->getType()!='end')echo $this->getType();
}

```

```

        if ($this->getName()!='ASDF' )echo $this->getName();
        $this->setElement('< / asdf a=s b="asd">');
        if ($this->getType()!='end')echo $this->getType();
        if ($this->getName()!='ASDF' )echo $this->getName();
        $this->load();
        var_dump($this);
    }
}
?>

```

```

<?PHP
class LinksSelector extends Decorator
{
    var $querySelectLinks;
    var $numberOfLinksOnPage;
    function getNumberOfLinksOnPage()
    {
        return $this->numberOfLinksOnPage;
    }
    function setQuerySelectLinks(&$p)
    {
        $this->querySelectLinks = &$p;
    }
    function getOut()
    {
        $return=array();
        $links = parent::getOut();
        if(!isset($links))
        {
            return $links;
        }
        $this->numberOfLinksOnPage = count($links);
        if($this->numberOfLinksOnPage==0)

```

```

        {
            return $return;
        }
        $this->querySelectLinks->setLinks($links);
        if($result=$this->querySelectLinks->execute())
        {
            while ($line=mysql_fetch_row($result))
            {
                $return[$line[0]]=$line[1];
            }
        }
        return $return;
    }
}
?>

```

```

<?PHP
class QuerySelectLinks extends Query
{
    var $configuration;
    var $conection;
    var $links;
    function setLinks(&$p)
    {
        $this->links = &$p;
    }
    function setConection(&$c)
    {
        $this->conection=&$c;
    }
    function setConfiguration(&$c)
    {
        $this->configuration=&$c;
    }
}

```



```

    }
    function generateQuery()
    {
        reset($this->links);
        if(list($value)=each($this->links))
        {
            $query = "SELECT url, pheromone FROM Urls WHERE BINARY
url in (";
            $query.="'$value'";
            while (list($value)=each($this->links))
            {
                $query.=",$value'";
            }
            $query.=")AND pheromone >=".$this->configuration-
>data('threshold');
            $query.=" ORDER BY pheromone desc LIMIT ".$this-
>configuration->data('max_links_to_show');
            return $query;
        }
        return false;
    }
}
?>

```

```

<?PHP
class CacheLinksSelector extends LinksSelector
{
    var $cache;
    function getOut()
    {
        if(!isset($this->cache))
        {
            $this->cache=LinksSelector::getOut();

```

```

        unset($this->next);
        unset($this->querySelectLinks);
    }
    return $this->cache;
}
}
?>

<?PHP
class LinksFilter extends Decorator
{
    function &getOut()
    {
        $e = &Decorator::getOut();
        if(!isset($e))
        {
            return $e;
        }
        while (isset($e))
        {
            if($e->isTag() and $e->getName()=='A' and $e->getType()
=='START')
            {
                return $e;
            }
            $e = &Decorator::getOut();
        }
        return null;
    }
}
?>

<?PHP

```

```

class LinksArrayMaker extends Decorator
{
    function &getOut()
    {
        $return = array();
        for(;;)
        {
            $e=&Decorator::getOut();
            if(!isset($e))
            {
                break;
            }
            array_push($return,$e->getAttribute('HREF'));
        }
        return $return;
    }
}
?>

```

```

<?PHP
class QueryInsertLog extends Query
{
    var $configuration;
    var $url;
    var $linksSelector;
    var $parserHtml;
    var $fields;
    var $values;
    var $adaptabilityChecker;
    function setAdaptabilityChecker(&$p)
    {
        $this->adaptabilityChecker = &$p;
    }
}

```

```
function setParserHtml(&$p)
{
    $this->parserHtml=&$p;
}
function setLinksSelector(&$p)
{
    $this->linksSelector=&$p;
}
function setUrl(&$p)
{
    $this->url=&$p;
}
function setConfiguration(&$p)
{
    $this->configuration=&$p;
}
function generateFieldsValues()
{
    $datetime=date("Y-m-d H:i:s");
    if($datetime)
    {
        $this->fields='dateTime';
        $this->values="$datetime";
    }
    if(isset($_SERVER['REMOTE_ADDR']))
    {
        $ip=$_SERVER['REMOTE_ADDR'];
        $this->fields.=' ip';
        $this->values.=" '$ip'";
    }
    if($url = $this->url->get())
    {
        $this->fields.=' url';
    }
}
```

```

        $this->values.=" '$url'";
    }
    if(isset($_SERVER["HTTP_HOST"]))
    {
        $host = $_SERVER["HTTP_HOST"];
        $this->fields.=' host';
        $this->values.=" '$host'";
    }
    if($max_links_to_show=$this->configuration-
>data('max_links_to_show'))
    {
        $this->fields.=' maxLinksToShow';
        $this->values.=" $max_links_to_show";
    }
    if($numberLinks=$this->linksSelector->getNumberOfLinksOnPage())
    {
        $this->fields.=' numberLinks';
        $this->values.=" $numberLinks";
    }
    if($threshold = $this->configuration->data('threshold'))
    {
        $this->fields.=' threshold';
        $this->values.=" $threshold";
    }
    if($this->adaptabilityChecker->isAdaptable())
    {
        $this->fields.=' isAdaptable';
        $this->values.=" 1";
        $ind=1;
        $selections=$this->linksSelector->getOut();
        reset($selections);
        while ( $element=each($selections))
        {

```

```

        $suggestion = $element['key'];
        $pheromone=$element['value'];
        $this->fields.=", suggestion$ind, pheromone$ind";
        $this->values.=", '$suggestion', $pheromone";
        $ind++;
    }
}
else
{
    $this->fields.=' isAdaptable';
    $this->values.=", 0";
}
}
function generateQuery()
{
    $this->generateFieldsValues();
    $query='INSERT DELAYED INTO Logs ('.$this->fields.').'
    ' VALUES ('.$this->values.').'';
    return $query;
}
}
?>

```

```

<?PHP
class Sender extends Decorator
{
    function sendWholePage()
    {
        $buffer=&Decorator::getOut();
        while (isset($buffer))
        {
            echo $buffer;
            $buffer=&Decorator::getOut();
        }
    }
}

```

```
    }  
  }  
}  
?>
```

```
<?PHP  
class PageLoader extends DecoratorEnd  
{  
    var $file;  
    var $url;  
    function setUrl(&$u)  
    {  
        $this->url=& $u;  
    }  
    /*  
    function PageLoader($u)  
    {  
        $this->url=&$u;  
    }  
    */  
    function openFile()  
    {  
        return $this->file= @fopen($this->url->get(),'r');  
    }  
    function &getOut()  
    {  
        if (isset($this->file))  
        {  
            if(feof($this->file))  
            {  
                fclose($this->file);  
                unset($this->file);  
            }  
        }  
    }  
}
```

```

        else
        {
            $return = fgets($this->file);
            if(!$return)
            {
                fclose($this->file);
                $this->openFile();
                return null;
            }
            return $return;
        }
    }
    return null;
}
}
?>

```

```

<?PHP
class LinksGuider extends Decorator
{
    var $configuration;
    function setConfiguration(&$p)
    {
        $this->configuration=&$p;
    }
    function process(& $u)
    {
        $u=$this->configuration-
>data('application_address').'?url='.urlencode($u);
    }
    function & getOut()
    {
        $element = & Decorator::getOut();
    }
}
}
?>

```



```

        if(!isset($element))
        {
            return $element;
        }
        if ($element->isTag() and $element->getType() == 'START')
        {
            if($element->getName()=='A')
            {
                $u=$element->getAttribute('HREF');
                $this->process($u);
                $element->setAttribute('HREF',$u);
            }
            if($element->getName()=='FRAME')
            {
                $u=$element->getAttribute('SRC');
                $this->process($u);
                $element->setAttribute('SRC',$u);
            }
        }
        return $element;
    }
}
?>

```

```

<?PHP
class ExceptionProcessor extends Decorator
{
    function &getOut()
    {
        $t=& Decorator::getOut();
        if(!isset($t))
        {
            return $t;
        }
    }
}

```

```

    }
    if($t->isTag())
    {
        $e=$t->getElement();
        $e=str_replace('<imgSRC=', '<IMG SRC=', $e);
        $t->setElement($e);
    }
    return $t;
}
}
?>

```

```

<?PHP
class Unwrapper extends Decorator
{
    function &getOut()
    {
        $e = & Decorator::getOut();
        if(!isset($e))
        {
            return $e;
        }
        if(get_class($e)=='htmlelementparser')
        {
            $e = $e->getElement();
        }
        return $e;
    }
}
?>

```

```

<?PHP
class LinksHighlighter extends Decorator

```

```
{  
    var $configuration;  
    var $linksSelector;  
    var $links;  
    function setLinksSelector(&$p)  
    {  
        $this->linksSelector=&$p;  
    }  
    function setConfiguration(&$p)  
    {  
        $this->configuration=&$p;  
    }  
    function hasToHighlight($element)  
    {  
        if($element->isTag())  
        if($element->getType()=='START')  
        if($element->getName()=='A')  
        if(isset($this->links[$element->getAttribute('HREF')]))  
        {  
            return true;  
        }  
        else  
        {  
            return false;  
        }  
    }  
    function &getOut()  
    {  
        if(!isset($this->links))  
        {  
            $this->links = $this->linksSelector->getOut();  
            unset($this->linksSelector);  
        }  
    }  
}
```

```

$element = &Decorator::getOut() ;
if(!isset($element))
{
    return $element;
}
$out = array();
array_push($out, $element);
if($this->hasToHighlight($element))
{
    while ($element = &Decorator::getOut())
    {
        array_push($out, $element);
        if($element->isTag())
            if($element->getType() == 'END')
                if($element->getName() == 'A')
                {
                    $imagem = $this->configuration-
>data('indicator_picture');
                    array_push($out, new HtmlElementParser("<img
src = '$imagem'>"));
                    break;
                }
            }
        }
    }
    return $out;
}
}
?>

```

```

<?PHP
class Interval
{
    var $start;

```

```

var $end;
function getStart()
{
    return $this->start;
}
function getEnd()
{
    return $this->end;
}
function Interval($s,$e)
{
    $this->start=$s;
    $this->end=$e;
}
}
?>

```

```

<?PHP
class PheromoneUpdater extends Decorator
{
    var $intervalSetter;
    var $queriesPheromoneUpdater;
    var $pheromoneUpdaterTrigger;
    var $intervals=array();
    function shiftInterval()
    {
        list(,$value)=each($this->intervals);
        return $value;
    }
    function pushInterval($p)
    {
        array_push($this->intervals,$p);
    }
}

```

```

function setPheromoneUpdaterTrigger(&$p)
{
    $this->pheromoneUpdaterTrigger = &$p;
}
function setIntervalSetter(&$i)
{
    $this->intervalSetter=&$i;
}
function setQueriesPheromoneUpdater(&$p)
{
    $this->queriesPheromoneUpdater = &$p;
}
function update()
{
    while($interval=Decorator::getOut())
    {
        $this->intervalSetter->setInterval($interval);
        $this->queriesPheromoneUpdater->execute();
        $this->pushInterval($interval);
    }
}
?>

```

```

<?PHP
class QueryLastUpdate extends Query
{
    function generateQuery()
    {
        return 'select max(lastEnd) last from Updates';
    }
}
?>

```

```
<?PHP
class QueryInsertUrls extends Query
{
    var $interval;
    function setInterval(&$i)
    {
        $this->interval=&$i;
    }
    function generateQuery()
    {
        return 'INSERT Urls (url, pheromone)'.
            ' SELECT Logs.url, 0'.
            ' FROM Logs'.
            ' WHERE datetime>'.".$this->interval->getStart()."".
            ' AND datetime<='.".$this->interval->getEnd()."";
    }
}
?>
```

```
<?PHP
class QueryInsertUpdate extends Query
{
    var $configuration;
    var $additionCalculator;
    var $interval;
    function setInterval(&$p)
    {
        $this->interval = &$p;
    }
    function setQueryAdditionCalculator(&$a)
    {
        $this->additionCalculator=&$a;
    }
}
```

```

function setConfiguration(&$c)
{
    $this->configuration=&$c;
}
function generateQuery()
{
    $end=$this->interval->getEnd();
    $start=$this->interval->getStart();
    $dateTime=date("Y-m-d H:i:s");
    $decayCoefficient=$this->configuration->data('decay_coefficient');
    $function=$this->additionCalculator->getFunction();
    $iterationTime=$this->configuration->data('iteration_time');
    return 'INSERT INTO Updates
(lastEnd,lastStart,dateTime,decayCoefficient,function,iterationTime,quantity)'
    ' VALUES ("
    $end.',"',
    $start.',"',
    $dateTime.',',
    $decayCoefficient.',"',
    $function.',',
    $iterationTime.',1)';
}
}
?>

```

```

<?PHP
class QueryFirstLog extends Query
{
    function generateQuery()
    {
        return 'select min(dateTime) last from Logs';
    }
}

```



```
<?PHP
class QueryDecayPheromone extends Query
{
    var $configuration;
    function setConfiguration(&$p)
    {
        $this->configuration=&$p;
    }
    function generateQuery()
    {
        return 'UPDATE Urls'.
            ' SET pheromone=pheromone*(1-'. $this->configuration-
>data('decay_coefficient').)';
    }
}
?>
```

```
<?PHP
class QueryCreateUrlsAux extends Query
{
    function generateQuery()
    {
        return 'CREATE TEMPORARY TABLE UrlsAux SELECT * FROM Urls';
    }
}
?>
```

```
<?PHP
class QueryAddAdditions extends Query
{
    var $configuration;
    function setConfiguration(&$p)
    {
```

```

        $this->configuration=&$p;
    }
    function generateQuery()
    {
        return 'REPLACE Urls'.
        ' SELECT UrlsAux.url, UrlsAux.pheromone+Additions.addition*'.$this-
>configuration->data('decay_coefficient').' pheromone'.
        ' FROM UrlsAux INNER JOIN Additions ON UrlsAux.url=Additions.url!';
    }
}
?>

```

```

<?PHP
class LastUpdateExtractor
{
    var $configuration;
    var $queryLastUpdate;
    var $queryFirstLog;
    function setQueryLastUpdate(&$p)
    {
        $this->queryLastUpdate = &$p;
    }
    function setQueryFirstLog(&$p)
    {
        $this->queryFirstLog = &$p;
    }
    function setConfiguration(&$p)
    {
        $this->configuration=&$p;
    }
    function get()
    {
        if($resultado=$this->queryLastUpdate->execute())

```

```

        {
            if($return=mysql_result($resultado,0,'last'))
            {
                return $return;
            }
            else
            {
                if($resultado=$this->queryFirstLog->execute())
                {
                    if($date=mysql_result($resultado,0,'last'))
                    {
                        $timest=strtotime($date)-$this-
>configuration->data('iteration_time');
                        return date("Y-m-d H:i:s",$timest);
                    }
                }
            }
        }
        return null;
    }
}
?>

```

```

<?PHP
class IntervalSetter extends QueryExecuter
{
    function execute()
    {
        return null;
    }
    function setInterval(&$i)
    {
        for ($j=0;$j<$this->i;$j++)

```

```

        {
            $this->queries[$i]->setInterval(&$i);
        }
    }
}
?>

```

```
<?PHP
```

```
class IntervalMaker
```

```

{
    var $configuration;
    var $lastUpdate;
    function setConfiguration(&$c)
    {
        $this->configuration=&$c;
    }
    function setLastUpdate(&$u)
    {
        $this->lastUpdate=&$u;
    }
    function &getOut()
    {
        $return=array();
        if($lastUpdateStr=$this->lastUpdate->get())
        {
            $lastUpdate=strtotime($lastUpdateStr);
            $interationTime=$this->configuration->data('iteration_time');
            $now=strtotime('now');
            $inteval=$lastUpdate;
            $intervalsMaked = 0;
            while ($inteval+$interationTime<=$now)
            {
                $intervalsMaked++;
            }
        }
    }
}

```

```

        array_push($return,new Interval(date("Y-m-d
H:i:s",$interval),
        date("Y-m-d H:i:s",$interval+=$iterationTime)));
        if($intervalsMaked>=10)
        {
            break;
        }
    }
    return $return;
}
}
?>

```

```

<?PHP
class IntervalMakerCache extends IntervalMaker
{
    var $cache;
    function getOut()
    {
        if(!isset($this->cache))
        {
            $this->cache = parent::getOut();
        }
        return $this->cache;
    }
}
?>

```

```

<?PHP
class QueryAdditionsCalculator extends Query
{
    var $function='Not definied';

```

```

var $interval;
function setInterval(&$p)
{
    $this->interval=&$p;
}
function getFunction()
{
    return $this->function;
}
}
?>

```

```

<?PHP
class QueryAdditionsCalculatorQClicks extends QueryAdditionsCalculator
{
    function QueryAdditionsCalculatorQClicks()
    {
        $this->function='quantity of clicks';
    }
    function generateQuery()
    {
        return 'CREATE TEMPORARY TABLE Additions'.
        ' SELECT url, count(*) addition'.
        ' FROM Logs'.
        ' WHERE datetime>'.".$this->interval->getStart()."".
        ' AND datetime<='.".$this->interval->getEnd()."".
        ' GROUP BY url';
    }
}
?>

```

```

<?PHP
class PheromoneUpdaterTrigger

```

```
{  
    var $pheromoneUpdater;  
    var $configuration;  
    var $conection;  
    var $queryLastUpdate;  
    var $queryAdditionCalculator;  
    var $intervals=array();  
    function setConection(&$p)  
    {  
        $this->conection = &$p;  
    }  
    function setQueryAdditionCalculator(&$p)  
    {  
        $this->queryAdditionCalculator = &$p;  
    }  
    function shiftInterval()  
    {  
        list($value)=each($this->intervals);  
        return $value;  
    }  
    function setUrl()  
    {  
    }  
    function PheromoneUpdaterTrigger()  
    {  
        $builder = new BuilderWithCache();  
        $builder->buildDecoratorPheromoneUpdateTrigger($this);  
        $this->configuration->setIniFile('antweb.ini');  
        $this->configuration->load();  
    }  
    function setLastUpdate(&$p)  
    {  
        $this->queryLastUpdate = &$p;  
    }  
}
```



```

    }
    function setConfiguration(&$p)
    {
        $this->configuration = &$p;
    }
    function setPheromoneUpdater(&$p)
    {
        $this->pheromoneUpdater = &$p;
    }
    function getLastUpdate()
    {
        if($result=$this->queryLastUpdate->execute())
        {
            return mysql_result($result,0,'last');
        }
    }
    function update()
    {
        $this->pheromoneUpdater->update();
        $this->intervals = $this->pheromoneUpdater->intervals;
        $this->connection->close();
    }
}
?>

```

```

<?PHP
class QueryCreateUpdatesAux extends Query
{
    function generateQuery()
    {
        return 'create table UpdatesAux'.
            ' select max(lastEnd) lastEnd, min(lastStart) lastStart, max(dateTime)
dateTime,'.

```

```
        ' decayCoefficient, function, sum(quantity) quantity, iterationTime'.  
        ' from Updates group by decayCoefficient, function, iterationTime '  
        ' order by lastEnd';  
    }  
}  
?>
```

```
<?PHP  
class QueryDeleteUpdates extends Query  
{  
    function generateQuery()  
    {  
        return 'DELETE FROM `Updates`';  
    }  
}  
?>
```

```
<?PHP  
class QueryInsertUpdates extends Query  
{  
    function generateQuery()  
    {  
        return 'insert Updates select * from UpdatesAux';  
    }  
}  
?>
```

```
<?PHP  
class QueryDropUpdatesAux extends Query  
{  
    function generateQuery()  
    {  
        return 'drop table UpdatesAux';  
    }  
}
```

```
    }  
  }  
?>
```

ÍNDICE ANALÍTICO

| | | | |
|---|-----------------|---|----|
| A | | Verdadeiro | 32 |
| ambiente | 9 | Links do browser | 32 |
| aplicações do algoritmo formiga | 19 | Links locais não-contextuais | 32 |
| Aspectos do comportamento da formiga real para encontrar o alimento | 9 | | |
| auto catalítico | 9, 10 | | |
| C | | M | |
| caminho | 9, 12 | meta heurística | 9 |
| caminho alternativo | 9 | modelagem de usuário | 34 |
| caráter coletivo | 9 | Modelo do Usuário | 33 |
| caráter descentralizado da atividade | 9 | múltiplos agentes | 7 |
| Ciclo clássico de adaptação | 34 | N | |
| Classes de Links | 32 | natureza física da informação | 8 |
| Classificação Adaptativa | 36 | Navegação | 35 |
| colônia | 7, 9 | O | |
| E | | O experimento da ponte binária | 10 |
| <i>estigmergia</i> | 8 | O modelo probabilístico | 11 |
| etologia | 8 | o problema do caixeiro viajante | 7 |
| evaporação de feromônio | 8 | Ocultação Adaptativa | 36 |
| F | | Orientação Direta | 36 |
| feromônio | 7, 8, 9, 17, 18 | otimização de problemas combinatórios | 7 |
| formigas reais | 7 | P | |
| H | | Parâmetros que permitem ajustar a formula aos dados experimentais | 12 |
| Hipermídia | 29 | ponte binária | 10 |
| Hipermídia Adaptativa | 33 | ponto central de inteligência | 9 |
| L | | problema do caixeiro viajante | 18 |
| Links contextuais ou Hipertexto | | problemas difíceis de otimização | 18 |
| | | S | |
| | | Simulação com o obstáculo | 12 |

| | | | | |
|-----------------------------|----|---------------------|----|----|
| Suporte à Orientação Global | 35 | trilha | 12 | |
| Suporte à Orientação Local | 35 | trilha de feromônio | | 15 |
| T | | | | |
| <i>throughput</i> | 39 | | | |

BIBLIOGRAFIA

1. A. Colorni, M. Dorigo, V. Maniezzo, e M. Trubian. *Ant system for job-shop scheduling*, Belgian Journal of Operations Research, Statistics and Computer Science (JORBEL), (1994), 34:39-53.
2. B. Bullnheimer e C. Strauss. *Tourenplanung mit dem Ant System*. Forschungsberichte des Instituts für Betriebswirtschaftslehre der Universität Wien, No. **6**, (1996).
3. B. Bullnheimer, R. F. Hartl e C. Strauss. *A New Rank Based Version of the Ant System*, A Computational Study, Central European Journal for Operations Research and Economics, **7(1)** (1999), 25-38.
4. B. Bullnheimer, R. F. Hartl e C. Strauss. *An improved ant system algorithm for the vehicle routing problem*. Technical Report POM-10/97, Institute of Management Science, University of Vienna, Accepted for publication in the Annals of Operations Research,(1997).
5. B. Bullnheimer, R. F. Hartl, e C. Strauss. *Applying the ant system to the vehicle routing problem*. In I. H. Osman S. VoB, S. Martello and C. Roucairol, editors, *Meta-Heuristics: Advances and Trends in Local Search Paradigms for Optimization*, Kluwer Academics, (1998), 109-120.
6. C. G. Ralha, *A framework for dynamic structuring of information*, PhD. Dissertation, School of Computing, University of Leeds, (1996).
7. D. Costa e A. Hertz. *Ants can colour graphs*. Journal of the Operational Research Society, **48** (1997), 295-305.
8. D. G. Carmo-Neto, *Metodologia Científica para Principiantes*. 3^o ed, Salvador-BA: American World University Press, (1996).

9. D. Subramanian, P. Druschel e J. Chen. *Ants and reinforcement learning: A case study in routing in dynamic networks*. In Proceedings of IJCAI-97, International Joint Conference on Artificial Intelligence, Morgan Kaufmann, (1997), 832-838.
10. E. Bonabeau, F. Henaux, S. Guérin, D. Snyers, P. Kuntz, e G. Théraulaz. *Routing in telecommunication networks with "Smart" ant-like agents telecommunication applications*. In Proceeding of IATA'98, Second Int. Workshop on Intelligent Agents for Telecommunication Applications. Lectures Notes in AI Springer Verlag, **1437**, (1998).
11. E. M. Phillips e D. S. Pugh. *How to get a PhD.: a handbook for students and their supervisors*, 2nd ed, Open University Press, USA, (1987).
12. G. Booch, J. Rumbaugh, I. Jacobson. *UML, guia do usuário*, Editora Campus, Rio de Janeiro, (2000).
13. G. Di Caro e M. Dorigo. *AntNet: A mobile agents approach to adaptive routing*. Technical Report 97-12, IRIDIA, Université Libre de Bruxelles, (1997).
14. G. Di Caro e M. Dorigo. *AntNet: Distributed stigmergetic control for communications networks*. Journal of Artificial Intelligence Research (JAIR), (1998), 9:317-365.
15. G. Di Caro e M. Dorigo. *Extending AntNet for best-effort Quality-of-Service routing*. Unpublished presentation at ANTS'98 – From Ant Colonies to Artificial Ants: First International Workshop on Ant Colony Optimization, (1998).
16. G. Di Caro e M. Dorigo. *Two ant colony algorithms for best-effort routing in datagram networks*. In Proceedings of the Tenth IASTED International Conference on Parallel and Distributed Computing and Systems (PDC'98),

IASTED\ACTA Press, (1998), 541-546.

17. J. T. Cariolano, *Ant Web: Algoritmos-formiga aplicados a avaliação de websites*, projeto final de graduação, Departamento de Ciência da Computação da Universidade de Brasília, (2002).
18. L. A. M. Palazzo, *Sistemas de Hipermídia Adaptativa*, Universidade Católica de Pelotas, Escola de Informática, (1999).
19. L. M. Gambardella e M. Dorigo. *Ant-Q: A Reinforcement Learning Approach to the Traveling Salesman Problem*. Proceedings of ML-95, Twelfth International Conference on Machine Learning, Tahoe City, CA, A. Prieditis and S. Russell (Eds.), Morgan Kaufmann, (1995), 252-260.
20. L. M. Gambardella e M. Dorigo. *HAS-SOP: An hybrid ant system for the sequential ordering problem*. Technical Report 11-97, IDSIA, Lugano, CH, (1997)
21. L. M. Gambardella e M. Dorigo. *Solving Symmetric and Asymmetric TSPs by Ant Colonies*, Proceedings of IEEE International Conference on Evolutionary Computation, IEEE-EC 96, IC.18-IEEE-EC96 Nagoya, Japan, (1996), 622-627.
22. L. M. Gambardella, E. D. Taillard, e G. Agazzi. *Macsvrptw: A multiple ant colony system for vehicle routing problems with time windows*. In D. Corne, M. Dorigo, and F. Glover, editors, *New Methods in Optimisation*. McGraw-Hill, (1999).
23. L. M. Gambardella, E. D. Taillard, e M. Dorigo. *Ant colonies for the QAP*. Technical Report 4-97, IDSIA, Lugano, Switzerland, (1997).
24. L. M. Gambardella, E. D. Taillard, e M. Dorigo. *Ant colonies for the QAP*.

- Journal of the Operational Research Society (JORS), (1999), 50(2):167-176.
25. L. Weigang, M. V. P. Dib, W. M. Teles, V. M. de Andrade, A. C. M. Alves de Melo, J. T. Cariolano, *Using ants' behavior based simulation model AntWeb to improve website organization*, in Proc. SPIE's Aerospace/Defense Sensing and Controls Symposium: Data Mining, Orlando, USA, **4730**, (2002).
26. M. Dorigo e G. Di Caro. *The Ant Colony Optimization Meta-Heuristic*. In D. Corne, M. Dorigo and F. Glover, editors, *New Ideas in Optimization*, McGraw-Hill, (1999), 11-32.
27. M. Dorigo e L. M. Gambardella. *Ant Colonies for the Traveling Salesman Problem*, BioSystems, Also Technical Report TR/IRIDIA/1996-3, IRIDIA, Université Libre de Bruxelles, (1997), 43:73-81.
28. M. Dorigo e L. M. Gambardella. *Ant Colony System: A Cooperative Learning Approach to the Traveling Salesman Problem*. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, Also Technical Report TR/IRIDIA/1996-5, IRIDIA, Université Libre de Bruxelles, (1997), 1(1):53-66.
29. M. Dorigo, G. Di Caro e L. M. Gambardella. *Ant Algorithms for Discrete Optimization*. Artificial Life, Also available as Tech.Rep.IRIDIA/98-10, Université Libre de Bruxelles, Belgium, (1999), 5(2):137-172.
30. M. Dorigo, V. Maniezzo e A. Coloni. *Positive Feedback as a Search Strategy*. Technical Report No. 91-016, Politecnico di Milano, Italy (1991).
31. M. Dorigo, V. Maniezzo e A. Coloni. *The Ant System: An Autocatalytic Optimizing Process*. Technical Report No. 91-016 Revised, Politecnico di Milano, Italy (1991).
32. M. Dorigo, V. Maniezzo e A. Coloni. *The Ant System: Optimization by a*

- Colony of Cooperating Agents*. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part B, (1996), 26(1):29-41.
33. M. Dorigo. *Optimization, Learning and Natural Algorithms*. Ph.D.Thesis, Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Milano, Italy, in Italian, (1992).
34. M. Heusse, S. Guérin, D. Snyers, e P. Kuntz. *Adaptative agent-driven routing and load balancing in communication networks*. Technical Report RR-98001-IASC, Département Intelligence Artificielle et Sciences Cognitives, ENST Bretagne, Accepted for publication in the Journal of Complex Systems, (1998).
35. M. S. Chen, J. S. Park, and P. S. Yu, *Data mining for path traversal patterns in a web environment*, In Proc. of the 16th International Conference on Distributed Computing Systems, (1996), 385–392.
36. M. V. P. Dib, W. M. Teles e V. M. de Andrade. *Mining weblogs para melhorar a organização de websites*. Seminário apresentado na Universidade de Brasília, (2001).
37. P. Brusilovski, *Methods e Techniques of Adaptive Hypermedia*. User Modeling and User Adapted Interaction. n.2-3, Special issue on adaptive hypertext and hypermedia, **6** (1996), 87-129.
38. P. P. Grassé. *La reconstruction du nid et les coordinations inter-individuelles chez *Bellicositermes natalensis* et *Cubitermes sp.* La theorie de la stigmerge: Essai d'interpretation des termites constructeurs*. In Ins. Soc., **6**, (1959), 41-83.
39. R. E. Horn, “*Mapping Hipertext*”, the lexington Institute, (1989).
40. R. Michel and M. Middendorf. *An island model based ant system with lookahead for the shortest supersequence problem*. In A. E. Eiben, T. Back,

- M. Schoenauer, and H.-P. Schwefel, editors, Proceedings of PPSN-V, Fifth International Conference on Parallel Problem Solving from Nature, Springer-Verlag, (1998), 692-701.
41. R. Michel e M. Middendorf. *An ACO algorithm for the shortest common supersequence problem*. In D. Corne, M. Dorigo, and F. Glover, editors, *New Methods in Optimisation*. McGraw-Hill, (1999).
42. R. Schoonderwoerd, O. Holland, and J. Bruten. Ant-like agents for load balancing in telecommunications networks. In Proceedings of the First International Conference on Autonomous Agents, ACM Press, (1997), pages 209-216.
43. R. Schoonderwoerd, O. Holland, J. Bruten e L. Rothkrantz. *Ant-based load balacing in telecommunications networks*. *Adaptative Behavior*, (1996), 5(2):169-217.
44. R. Srikant e Y. Yang, *Mining Web Logs to Improve Website Organization*, In Proc. of the Tenth International World Wide Web Conference, Hong Kong, (2001).
45. R. van der Put and L. Rothkrantz. *Routing in packet switched networks using agents*. *Simulation Practice and Theory*, (1999).
46. R. van der Put. *Routing in the faxfactory using mobile agents*. Technical Report R&D-SV-98-276, KPN Research, (1998).
47. T. Joachims, D. Freitag, T. Mitchell, *WebWatcher: A Tour Guide for the World Wide Web*, Proceedings of IJCAI97, (1997).
48. T. Stützle e H. Hoos. *Improvements on the Ant System: Introducing the MAX-MIN Ant System*. ICANNGA97 - Third International Conference on Artificial

Neural Networks and Genetic Algorithms, University of East Anglia, Norwich, UK, Wien: Springer Verlag, (1997).

49. T. Stützle e H. Hoos. *MAX-MIN Ant system and local search for combinatorial optimization problems*. In S. VoB, S. Martello, I.H. Osman, and C. Roucairol, editors, *Meta-Heuristics: Advances and Trends in Local Search Paradigms for Optimization*, Kluwer, Boston (1998), 137-154.
50. T. Stützle e H. Hoos. *The MAX-MIN Ant System and local Search for Combinatorial Optimization Problems: Towards Adaptive Tools for Global Optimization*. 2nd Metaheuristics International Conference (MIC-97), Sophia-Antipolis, France, (1997), 21-24.
51. T. White, B. Pagurek, e F. Oppacher. *Connection management using adaptive mobile agents*. In H.R Arabnia, editor, *Proceedings of the International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA'98)*, CSREA Press, (1998), 802-809.
52. U. Eco, *Como se faz uma Tese*. 12^a ed, São Paulo-SP Editora Perspectiva, (1995).
53. V. Bush, *As We May Think*, Atlantic Monthly, 176 (1) , (1945), 101-108.
54. V. Maniezzo e A. Colorni. *The ant system applied to the quadratic assignment problem*. IEEE Trans. Knowledge and Data Engineering, in press. (1999).
55. V. Maniezzo, A. Colorni, e M. dorigo. *The ant system applied to the quadratic assignment problem*. Technical Report IRIDIA/94-98, Université Libre de Bruxelles. Belgium, (1994).
56. V. Maniezzo. *Exact and approximate nondeterministic tree-search procedures for the quadratic assignment problem*. Technical Report CSR 98-1, C. L. In

Scienze dell'Informazione, Università di Bologna, sede de Cesena, Italy, (1998).

57. W. M. Teles, L. Weigang, C. G. Ralha, *AntWeb – The Adaptive Web Server Based on the Ants' Behavior*, WI (International Conference on Web Intelligence), IEEE/WIC, Halifax, Canada, (2003).
58. W. M. Teles, L. Weigang, C. G. Ralha, *Uma heurística para guiar os usuários da Internet baseada no comportamento da formiga*, ENIA, SBC, Brasil, (2003).
59. W. Viegas, *Orientação aos alunos na redação e apresentação gráfica de monografias, teses e dissertações*, Departamento de Administração da Universidade de Brasília, Brasília (1995).
60. E. Gamma, R. Helm, J. Vlissides, R. Johnson, *Design Patterns: Elements of Reusable Object Oriented Software*, Designed by Grady Booch / Hardcover / Addison Wesley Longman, ISBN 0201633612Inc. (1994).