

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

Fabiano Rodrigues Ferreira

**MAPAS AUTO-ORGANIZÁVEIS NA CONSTRUÇÃO
DE RECURSOS DE APRENDIZAGEM ADAPTATIVOS:
UMA APLICAÇÃO NO ENSINO DE MÚSICA**

São Paulo
2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Fabiano Rodrigues Ferreira

**MAPAS AUTO-ORGANIZÁVEIS NA CONSTRUÇÃO
DE RECURSOS DE APRENDIZAGEM ADAPTATIVOS:
UMA APLICAÇÃO NO ENSINO DE MÚSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Presbiteriana Mackenzie como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Ismar Frango Silveira

São Paulo
2008

F383m Ferreira, Fabiano Rodrigues.

Mapas auto-organizáveis na construção de recursos de aprendizagem adaptativos : uma aplicação no ensino de música / Fabiano Rodrigues Ferreira – 2008.

161 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2008.

Bibliografia: f. 120-125.

1. Objetos de aprendizagem. 2. Clusterização. 3. Redes neurais. 4. Redes de Kohonen. 5. Mapas auto-organizáveis. 6. Inteligência artificial. 7. Educação musical. 8. Educação libertária. I. Título.

CDD 371.334

Fabiano Rodrigues Ferreira

**MAPAS AUTO-ORGANIZÁVEIS NA CONSTRUÇÃO
DE RECURSOS DE APRENDIZAGEM ADAPTATIVOS:
UMA APLICAÇÃO NO ENSINO DE MÚSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Presbiteriana Mackenzie como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Aprovado em: São Paulo, de de 2008.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ismar Frango Silveira – Orientador
Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof^a. Dr^a. Pollyana Notargiacomo Mustaro
Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof^a. Dr^a. Renata Viana de Barros Thomé
Universidade de São Paulo

À minha tia Rosy (*in memoriam*) e
ao meu tio João (*in memoriam*) pelos
exemplos, apoio e carinho constantes
durante boa parte de minha vida.
À minha mãe Ophelia pelo amor e
paciência em todos os momentos
difíceis.

AGRADECIMENTOS

É chegado o momento de agradecer. Que seja.

Como é difícil colocar no papel as lembranças, sentimentos e pessoas que contribuíram nas mais diferentes formas para a construção deste trabalho. Porém, vamos tentar.

Primeiramente a Deus, e que ele me ajude a lembrar de todos...

À minha tia Rosy (*in memoriam*) pelo amor incondicional, carinho e dedicação que teve comigo durante todos os momentos que estive presente em minha vida. Agradeço aos momentos que ela foi dura ou terna quando precisava ser, sem exceção ou protecionismo, me transformando no homem que sou hoje. Como poucas pessoas, ele teve a paciência para estar ao meu lado sempre que precisei de apoio, incentivando de maneira presente, constante e incondicional meu desenvolvimento intelectual e emocional. Agradeço a Deus a oportunidade de ter compartilhado momentos ao lado de uma pessoa tão rara.

Ao meu tio João (*in memoriam*), pelo companheirismo, amor e carinho de pai. Com ele aprendi muito, tendo como espelho um homem de poucas palavras mas de muita atitude. Lembro que sempre me ensinou a importância da calma e do equilíbrio nas situações difíceis. Devo a ele um apoio incondicional, incentivando constantemente minha busca pelo conhecimento.

À minha mãe Ophelia, agradeço principalmente por ter a coragem de enfrentar tudo que enfrentou para que eu estivesse aqui hoje. Obrigado pelo amor, proteção, carinho, ensinamentos e pelo esforço para poder me dar aquilo que muitas vezes nunca teve. Graças a ela também pude desde cedo ter contato com uma de minhas maiores paixões: a música.

Seria injusto não mencionar aqui um agradecimento também à minha avó Maria pelo carinho e amor desde minha infância. Poucas são as avós tão dedicadas quanto essa.

Ao meu avô Diogo (*in memoriam*) pelo legado socialista e pelas histórias de coragem daqueles que morrem lutando pelo que acreditam.

À Rosana, pela paciência e carinho, estando ao meu lado em todos os momentos, festejando as vitórias e me ajudando de uma maneira sempre doce a superar as dificuldades presentes na vida de todos os mestrandos que, assim como eu, não tem o estudo como única profissão.

Ao Prof. Dr. Ismar Frango Silveira, que me ajudou, como orientador, de maneira singular na busca de um tema com reconhecida relevância científica, além de sua amizade e constante parceria nas publicações de artigos.

À Prof^a. Dr^a. Pollyana Notargiacomo Mustaro por ter me apresentado aos ideais educacionais progressistas de Paulo Freire, assim como pelo olhar crítico apurado, me ajudando e incentivando sempre a fundamentar de maneira sólida meus argumentos.

À Prof^a. Dr^a. Renata Viana de Barros Thomé pelo apoio decisivo para a fundamentação pedagógica deste trabalho. Além de sua amizade e companheirismo. É muito bom sentir que em algumas pessoas a simplicidade e humildade permanecem intocadas, mesmo com os títulos ou conhecimento intelectual que venham a acumular. Quiçá existissem no mundo mais educadores assim.

Ao grande camarada Carlão pela amizade e apoio indispensáveis ao longo dos 12 últimos anos. Obrigado pela troca de idéias e pela paciência! Realmente...Construir um mundo diferente é possível! Como todas nossas conversas no *Fran's Café* e no *Liverpool* ajudaram a fundamentar este trabalho!

Ao amigo Eduardo Henrique por ter, junto comigo, acreditado e abraçado a idéia de um sistema educacional adaptativo. Agradeço pela força e aprendizado que tivemos e teremos juntos na construção completa desta idéia.

Às amigas que fiz ao longo desses anos, mais especificadamente Corrales e Patric pelos conselhos, ajudas e camaradagem nas horas boas e ruins.

Aos amigos Joaquim e Erick pelo apoio dado a mim e aos demais colegas de nosso grupo de estudo ajudando a todos nos momentos de dificuldade.

Ao Instituto Presbiteriano Mackenzie e à instituição de fomento MACKPESQUISA pelo apoio financeiro.

A todos que acreditam e lutam por uma sociedade justa e humana: a sociedade socialista.

Urubus e sabiás
(Rubem Alves)

"Tudo aconteceu numa terra distante, no tempo em que os bichos falavam... Os urubus, aves por natureza becadadas, mas sem grandes dotes para o canto, decidiram que, mesmo contra a natureza eles haveriam de se tornar grandes cantores. E para isto fundaram escolas e importaram professores, gargarejaram dó-ré-mi-fá, mandaram imprimir diplomas, e fizeram competições entre si, para ver quais deles seriam os mais importantes e teriam a permissão para mandar nos outros. Foi assim que eles organizaram concursos e se deram nomes pomposos, e o sonho de cada urubuzinho, instrutor em início de carreira, era se tornar um respeitável urubu titular, a quem todos chamam de Vossa Excelência. Tudo ia muito bem até que a doce tranqüilidade da hierarquia dos urubus foi estremecida. A floresta foi invadida por bandos de pintassilgos tagarelas, que brincavam com os canários e faziam serenatas para os sabiás... Os velhos urubus entortaram o bico, o rancor encrespou a testa, e eles convocaram pintassilgos, sabiás e canários para um inquérito.

— *Onde estão os documentos dos seus concursos?*

E as pobres aves se olharam perplexas, porque nunca haviam imaginado que tais coisas houvessem. Não haviam passado por escolas de canto, porque o canto nascera com elas. E nunca apresentaram um diploma para provar que sabiam cantar, mas cantavam simplesmente...

— *Não, assim não pode ser. Cantar sem a titulação devida é um desrespeito à ordem.*

E os urubus, em uníssono, expulsaram da floresta os passarinhos que cantavam sem alvarás...

MORAL: Em terra de urubus diplomados não se houve canto de sabiá."

RESUMO

O cenário educacional brasileiro sofre com a falta de incentivo a um aprendizado musical que realmente faça o educando refletir sobre sua realidade. Devido à política hegemônica atual, os processos educativos, em geral, estão imersos numa alienação descontextualizante e no assistencialismo. O poder de pensamento e reflexão do educando acaba diminuindo consideravelmente numa sociedade que preza mais pelo ensino puramente tecnicista do que pelo incentivo à reflexão, como é o caso da sociedade contemporânea. O resultado disso acaba sendo uma inorganicidade educacional que faz com que o aluno não faça relação daquilo que aprendeu com sua própria vida. Torna-se necessários, portanto, estabelecer mecanismos que auxiliem a adaptação ao contexto cultural do mesmo, levando a uma etnoaprendizagem significativa e contextualizada.

Entendem-se os objetos de aprendizagem como exemplos de recursos tecnológicos que surgiram como forma de organizar e estruturar materiais educacionais digitais. Tal conceito, embora seja um paradigma novo no âmbito da educação tem sido amplamente utilizado nos sistemas educacionais atuais através da constante e crescente disponibilização dos mesmos pela Internet.

Dessa forma, este trabalho enfoca uma arquitetura de objetos de aprendizagem digitais adaptativos com uma aplicação no processo de aprendizagem de ritmos musicais brasileiros, como exemplo de utilização. Tais objetos são dinamicamente recuperados a partir de repositórios, através de técnicas baseadas em mapas auto-organizáveis. Objetos são selecionados de maneira a criar recursos de aprendizagem que sejam adequados a algum fator de adaptabilidade desejável para o contexto, como conhecimentos prévios, estilos de aprendizagem ou aspectos culturais.

Palavras-chave: objetos de aprendizagem, clusterização, redes neurais, redes de Kohonen, mapas auto-organizáveis, inteligência artificial, educação musical, educação libertária.

ABSTRACT

Brazilian educational scenario suffers from the lack of incentive to a musical apprenticeship that leads students to reflect about their own reality. Due to the actual hegemonic politics, educational processes, in general, are characterized by diminishing student's potential for reflection, in a society that prioritizes a strict technicist teaching, as contemporary society is. As a result, students are often not able to establish relationships between what was learned and their own lives. Thus, it is necessary to have some mechanisms that could help the adaptation to student's cultural context, leading to a meaningful ethnic learning.

Learning objects concept can be understood as examples of technological resources that appear in a way to organize and structure digital educational data. Such concept, although is a new paradigm into educational ambit, has been widely used on educational systems by constant & crescent deliver of learning objects by Internet.

In this way, this work focuses an adaptive learning object architecture, applied to the learning process of Brazilian musical rhythms, as an example. Such objects are dynamically retrieved from repositories through techniques based on self-organizing maps. Objects are selected in order to create learning resources adequate to some desirable adaptivity factor, as previous knowledge, learning styles or cultural aspects.

Keywords: learning objects, clustering, neural networks, Kohonen networks, self-organizing maps, artificial intelligence, musical education, libertarian education.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: REDE DE CAUSALIDADE	45
FIGURA 2: REPRESENTAÇÃO DA REDE BAYESIANA EXEMPLIFICADA	53
FIGURA 3: FLUXO DE INTERATIVIDADE COM UM SISTEMA ESPECIALISTA	57
FIGURA 4: FLUXO DETALHANDO FUNCIONAMENTO DE ALGORÍTMO GENÉTICO	69
FIGURA 5: MÉTODO DE SELEÇÃO POR ROLETA	71
FIGURA 6: UMA REDE NEURAL	74
FIGURA 7: REDE DE PERCEPTRON	78
FIGURA 8: CLASSES LINEARMENTE SEPARÁVEIS	79
FIGURA 9: CLASSES NÃO LINEARMENTE SEPARÁVEIS	79
FIGURA 10: COMUNICAÇÃO ENTRE OS DOIS SISTEMAS	81
FIGURA 11: TREINAMENTO DA REDE DE KOHONEN	83
FIGURA 12: VETOR DE PESOS DA REDE DE KOHONEN	85
FIGURA 13: DIAGRAMA DE PACOTES DO SISTEMA	92
FIGURA 14: USE CASE DO MÓDULO PEDAGÓGICO	97
FIGURA 15: USE CASE DO MÓDULO ADMINISTRATIVO	98
FIGURA 16: CLASSE PARAMETROSREDENEURAL	99
FIGURA 17: CLASSE TREINAMENTO	100
FIGURA 18: CLASSE INSTITUICAOENSINO	100
FIGURA 19: DIAGRAMA DE CLASSES DO MÓDULO DE TREINAMENTO	101
FIGURA 20: CLASSE GRUPOCURSO	102
FIGURA 21: CLASSE CURSO	102
FIGURA 22: CLASSE XMLREDENEURAL	103
FIGURA 23: CLASSE RECURSOAPRENDIZAGEM	103
FIGURA 24: CLASSE OBJETOAPRENDIZAGEM	103
FIGURA 25: CLASSE ARQUIVOSANEXOS	103
FIGURA 26: CLASSE PERSISTENTE EDUCADOR	104
FIGURA 27: CLASSE PERGUNTA	104
FIGURA 28: CLASSE ALTERNATIVA RESPOSTA PERGUNTAS	105
FIGURA 29: CLASSE AVALIACAO	105
FIGURA 30: CLASSE CARACTERISTICA	105
FIGURA 31: CLASSE ALUNO	106
FIGURA 32: CLASSE ALUNO	106
FIGURA 33: CLASSE USUARIO	107
FIGURA 34: DIAGRAMA DE CLASSES DO MÓDULO PEDAGÓGICO	108
FIGURA 35: CLASSE ADMINISTRADOR	109
FIGURA 36: DIAGRAMA DE CLASSES DO MÓDULO ADMINISTRATIVO	110
FIGURA 37: MODELO ENTIDADE-RELACIONAMENTO DO SISTEMA	111
FIGURA 38: DIAGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA	112
FIGURA 39: INTERFACE DE LOGIN DO SISTEMA	113
FIGURA 40: OPÇÕES DE MENU DO PROTÓTIPO	113
FIGURA 41: OPÇÕES DE MENU DE EDUCADOR	114
FIGURA 42: ESTRUTURA DO FLUXO DE NAVEGAÇÃO DO ALUNO	115
FIGURA 43: DIAGRAMA DE ATIVIDADE EXECUTARJAVASOM	127
FIGURA 44: DIAGRAMA DE ATIVIDADE TRANSFORMARXMLOBJETO	128
FIGURA 45: DIAGRAMA DE ATIVIDADE MONTAXMLENTRADARN	131
FIGURA 46: DIAGRAMA DE ATIVIDADE BUSCARMETADADOSLO	135
FIGURA 47: DIAGRAMA DE ATIVIDADE MONTAROBJETOS	136
FIGURA 48: DIAGRAMA DE ATIVIDADE CADASTRAR DADOS BASICOS ALUNO	137
FIGURA 49: DIAGRAMA DE ATIVIDADE BUSCARMETADADOSLO	139

FIGURA 50: DIAGRAMA DE ATIVIDADE MANTERCARACTERISTICASGERAIS	140
FIGURA 51: DIAGRAMA DE ATIVIDADE CADASTRAROBJETOAPRENDIZAGEM.....	142
FIGURA 52: DIAGRAMA DE ATIVIDADE MANTERARQUIVOSANEXOS	144
FIGURA 53: DIAGRAMA DE ATIVIDADE MANTERAVALIACOES	147
FIGURA 54: DIAGRAMA DE ATIVIDADE MANTERRECURSOSAPRENDIZAGEM.....	149
FIGURA 55: DIAGRAMA DE ATIVIDADE CADASTRARCONHECIMENTOALUNOCURSO.....	150
FIGURA 56: DIAGRAMA DE ATIVIDADE MANTERGRUPOCURSOS.....	151
FIGURA 57: DIAGRAMA DE ATIVIDADE MANTERCURSOS	153
FIGURA 58: DIAGRAMA DE ATIVIDADE MANTERQUESTOESCURSOS	155
FIGURA 59: DIAGRAMA DE ATIVIDADE DO PROCESSO CONFIGURARPARAMETROSREDENEURAL..	157
FIGURA 60: DIAGRAMA DE ATIVIDADE DO PROCESSO MANTERINSTITUIÇÃOS ENSINO	159
FIGURA 61: DIAGRAMA DE ATIVIDADE DO PROCESSO MANTEREDUCADORES.....	161

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: $P(X Y)$	50
TABELA 2: $P(X^AY)$	51
TABELA 3: TABELA DE PROBABILIDADE CONDICIONAL DO PROBLEMA DO ALARME	54
TABELA 4: MATRIZ RELACIONAL DA RELAÇÃO X x Y	67
TABELA 5: FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA	67
TABELA 6: ENTRADA COM AS CARACTERÍSTICAS DE CADA ELEMENTO APRESENTADO A REDE.....	84
TABELA 7: EXEMPLO DE INICIALIZAÇÃO DO VETOR DE PESOS	85
TABELA 8: EXEMPLO DE COMPARAÇÃO DA ENTRADA COM O VETOR DE PESOS W_1	85
TABELA 9: COMPARAÇÃO ENTRE AS TÉCNICAS ADAPTATIVAS ESTUDADAS NESTE TRABALHO	90
TABELA 10: POSSÍVEIS VARIÁVEIS DE ENTRADA APLICADAS A REDE.....	99

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	UMA REFLEXÃO SOBRE EDUCAÇÃO	19
2.1	O ASSISTENCIALISMO NA EDUCAÇÃO	20
2.2	CARACTERIZAÇÃO DA EDUCAÇÃO “BANCÁRIA”	21
2.3	A EDUCAÇÃO MUSICAL COMO FORMA DE RESISTÊNCIA CULTURAL	23
2.3.1	<i>A experiência do canto orfeônico no Brasil.....</i>	<i>23</i>
2.3.2	<i>O hip hop da periferia: música contra a segregação</i>	<i>25</i>
2.3.3	<i>Música, folclore e cultura</i>	<i>26</i>
2.4	PROJETOS DE ARTE E EDUCAÇÃO MUSICAL ASSISTENCIALISTAS	27
2.5	A TECNOLOGIA COMO INSTRUMENTO DE TRANSFORMAÇÃO SOCIAL	29
3	OBJETOS DE APRENDIZAGEM	32
3.1	OTIMIZANDO A UTILIZAÇÃO DOS OBJETOS DE APRENDIZAGEM	33
3.2	OBJETOS DE APRENDIZAGEM: ACESSO E ORGANIZAÇÃO	36
3.3	PADRONIZAÇÃO DE METADADOS	37
3.3.1	<i>DCMI</i>	<i>37</i>
3.3.2	<i>LOM</i>	<i>39</i>
3.3.3	<i>SCORM</i>	<i>40</i>
4	TÉCNICAS ADAPTATIVAS	43
4.1	REDES BAYESIANAS.....	44
4.1.1	<i>Probabilidades – Axiomas básicos</i>	<i>47</i>
4.1.2	<i>Probabilidade incondicional.....</i>	<i>48</i>
4.1.3	<i>Probabilidade condicional.....</i>	<i>49</i>
4.1.4	<i>Conjunção – Probabilidades.....</i>	<i>50</i>
4.1.5	<i>Aprendizagem estatística</i>	<i>51</i>
4.1.6	<i>Redes Bayesianas – Arquitetura de Rede.....</i>	<i>52</i>
4.1.7	<i>Construção das Redes Bayesianas.....</i>	<i>54</i>
4.2	SISTEMAS ESPECIALISTAS	56
4.2.1	<i>Conceitos Gerais e Formalismos</i>	<i>60</i>
4.3	SISTEMAS FUZZY	61
4.3.1	<i>Teoria matemática – Conjuntos Fuzzy.....</i>	<i>63</i>
4.3.2	<i>Relações Fuzzy.....</i>	<i>66</i>
4.4	COMPUTAÇÃO EVOLUTIVA	68
4.4.1	<i>Seleção da População.....</i>	<i>71</i>
4.4.2	<i>Operadores Genéticos.....</i>	<i>73</i>
4.5	REDES NEURAIS ARTIFICIAIS	74
4.5.1	<i>Visão Geral</i>	<i>74</i>
4.5.2	<i>Tipos de aprendizado.....</i>	<i>77</i>
4.5.3	<i>Estruturas de Rede.....</i>	<i>78</i>
4.5.4	<i>Redes neurais de uma única camada (perceptrons)</i>	<i>78</i>
4.5.5	<i>Perceptrons de várias camadas</i>	<i>80</i>
4.5.6	<i>Redes de Kohonen.....</i>	<i>80</i>
4.5.6.1	<i>Sistema Nervoso – origem biológica dos mapas auto-organizáveis</i>	<i>81</i>
4.5.6.2	<i>Mapas auto-organizáveis</i>	<i>82</i>
4.5.6.3	<i>Treinamento da rede</i>	<i>84</i>
4.5.6.4	<i>Aplicações.....</i>	<i>89</i>

5	IMPLEMENTAÇÃO	91
5.1	FASE DE CONCEPÇÃO	91
5.1.1	<i>Objetivo</i>	91
5.1.2	<i>Escopo</i>	91
5.1.3	<i>Visão Geral – Requisitos de Usuário</i>	92
5.2	FASE DE ELABORAÇÃO	94
5.2.1	<i>Objetivo</i>	94
5.2.2	<i>Módulo de Treinamento</i>	94
5.2.3	<i>Módulo Pedagógico</i>	95
5.2.4	<i>Módulo Administrativo</i>	97
5.3	FASE DE CONSTRUÇÃO	98
5.3.1	<i>Objetivo</i>	98
5.3.2	<i>Possíveis variáveis de entrada</i>	98
5.3.3	<i>Definição das Classes - Módulo de Treinamento</i>	99
5.3.3.1	Classe ParametrosRedeNeural	99
5.3.3.2	Classe Treinamento	100
5.3.3.3	Classe InstituicaoEnsino	100
5.3.4	<i>Definição das Classes - Módulo Pedagógico</i>	102
5.3.4.1	Classe GrupoCurso	102
5.3.4.2	Classe Curso	102
5.3.4.3	Classe xmlRedeNeural	102
5.3.4.4	Classe RecursoAprendizagem	103
5.3.4.5	Classe ObjetoAprendizagem	103
5.3.4.6	Classe ArquivosAnexos	103
5.3.4.7	Classe Educador	104
5.3.4.8	Classe Pergunta	104
5.3.4.9	Classe AlternativasRespostaPerguntas	104
5.3.4.10	Classe Avaliacao	105
5.3.4.11	Classe Caracteristica	105
5.3.4.12	Classe Aluno	106
5.3.4.13	Classe Endereco	106
5.3.4.14	Classe Usuario	106
5.3.5	<i>Definição das Classes - Módulo Administrativo</i>	109
5.3.5.1	Classe Adminstrador	109
5.3.5.2	Diagrama de Classes – Módulo Administrativo	110
5.3.6	<i>Levantamentos de Infra-Estrutura</i>	110
5.3.6.1	Modelagem física do banco de dados	110
5.3.6.2	Diagrama de Distribuição – Estrutura de Servidores	112
5.3.7	<i>Apresentação do protótipo desenvolvido</i>	112
5.3.7.1	Acesso ao Sistema	113
5.3.7.2	Menu do Educador	114
5.3.7.3	Menu do Aluno	115
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	117
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
	BIBLIOGRAFIA	125
	APÊNDICES	126
	APÊNDICE A – DEFINIÇÃO DE REQUISITOS DO MÓDULO DE TREINAMENTO	127
	APÊNDICE B – MODELO DE ARQUIVO XML DE SAÍDA DA REDE NEURAL	129
	APÊNDICE C – DEFINIÇÃO DE REQUISITOS DO MÓDULO PEDAGÓGICO	130
	APÊNDICE D – DEFINIÇÃO DE REQUISITOS DO MÓDULO ADMINISTRATIVO	156

1 Introdução

O ensino de música no Brasil apresenta um problema estrutural que é a falta de incentivo a um aprendizado formal através de cursos que façam parte da grade curricular ao longo da formação do aluno, seja na educação de base ou não (CASTILHO, 2001). Atualmente as disciplinas da área de música não integram o quadro de cursos oferecidos pelo Ensino Fundamental ou Médio, obrigando o aluno que tiver afinidade com esse ramo da arte procurar cursos alternativos (BEAUMONT, 2003). Ou seja, mesmo havendo o interesse por parte do aluno, o mesmo não é plenamente atendido pelo sistema de ensino formal. Levando em consideração que para se ter acesso a um curso superior de música as provas específicas são geralmente rigorosas para quem nunca teve acesso a uma educação musical mínima, ou seja, a maioria da população brasileira (FERREIRA, 2005; WELLER, 2004), conclui-se que hoje uma formação em música tende a ser altamente elitista, selecionando para esse ramo somente quem possua recursos financeiros necessários para uma formação básica na área. Loureiror (2003) complementa essa informação ao dizer que a situação atual da cultura musical brasileira é claramente polarizada. De um lado se privilegia uma minoria que tem acesso a escolas especializadas de música. De outro se encontra a grande maioria da população, que não tem acesso a uma educação musical mínima durante seu período de escolaridade básica (FERREIRA, 2005). Complementando essa informação, Graciani (2005) informa que ao se analisar os dados sobre o trabalho infantil conclui-se o quão elevado é o grau de pobreza instaurado no Brasil nas últimas décadas, levando-se em consideração que o total de crianças e adolescentes trabalhando na faixa dos dez aos dezessete anos já na década de noventa era de sete milhões e que tal número só tem crescido nos últimos anos. A partir dessa informação é possível visualizar uma piora na falta de acesso à cultura e à música na educação, visto que as políticas públicas que atendam culturalmente à maioria da sociedade ou não são suficientes, ou dependem de projetos assistencialistas inorgânicos do terceiro setor (GENTILI, 2002). Tal postura acaba por elitizar o acesso à cultura. Para Freire (2003), Ferreira (2005) e Adorno (2007), essa elitização não é uma consequência e sim uma ferramenta através da qual as classes dominantes evitam que esse contingente de pessoas tome consciência de sua situação de opressão através da educação musical e geral como um todo.

Dessa maneira, para aqueles que ainda têm acesso a uma educação musical no Brasil, a realidade de um ensino de música e musicalização, no geral, ou se resume a posições

tecnicistas de paradigmas educacionais assim como a educação *bancária* (FREIRE, 2005; WELLER, 2004) ou é abordada através de programas assistencialistas inorgânicos (EID, 2004). Sem considerar a realidade do aprendiz, é comum observar posturas educacionais que na maioria das vezes simplesmente tendem a manter o *status quo*. Assim, o ensino de música (presencial ou não), no geral, acaba tendendo a uma postura que inibe o educando em refletir sobre seu meio, em contestar, em se organizar de maneira politizada, em enxergar com clareza a sua realidade. A educação, de maneira a inibir o aluno a ter um pensamento crítico, é um meio de se manter a situação atual sem mudança (GENTILI, 2002). Portanto, qualquer trabalho que tenha um caráter educativo, independente da área, pode se propor a dar contribuições no sentido de possibilitar transformações sociais. Quando um trabalho não expõe essa preocupação, o resultado inevitável do mesmo é a manutenção do cenário social vigente.

Com base nos levantamentos apresentados, conclui-se que a educação (seja ela vinculada a uma proposta filosófica tecnicista ou humanista) nunca é neutra. Ela é sim uma área em disputa. Todo paradigma, concepção e prática educacional, sejam eles de engenharia ou música, trazem consigo uma ideologia política, consciente ou não (FREIRE, 2005; GENTILI, 2002; HOBBSAWM, 2007). Portanto, como escolha e delimitação de posição, a concepção de educação a ser seguida ao longo de todo trabalho terá como pano de fundo a construção de uma nova sociedade. Não a concepção abstrata de sociedade e sim a construção de uma sociedade igualitária e justa. E através da elevação do nível de consciência dos educandos pode-se chegar nas mudanças das políticas públicas que farão parte desse processo de construção e renovação.

Devido, então, ao fato dessas políticas públicas atualmente cada vez mais aumentarem o índice de alienação política nas escolas (FREIRE, 2003; GENTILI, 2002), existe a necessidade de possibilitar liberdade de expressão crítica e politizada nos alunos, assim como a vontade de se expressar através de uma música contextualizada à sua realidade sócio-cultural e política (FERREIRA, 2005).

Dessa forma, a utilização de um sistema computadorizado de apoio ao processo de ensino-aprendizagem musical viria ao encontro, portanto, para tentar suprir parte dessa carência, pois possibilitaria o ensino de música de forma orgânica, para pessoas que não têm acesso a um suporte maior desse aprendizado (SILVEIRA et al., 2003). E é o desenvolvimento deste tipo de sistema que pauta as linhas gerais deste trabalho.

É fato que somente a construção de um sistema como ferramenta educacional não resolveria este problema, que está vinculado ao conteúdo dos objetos de aprendizagem e não

na forma como eles podem ser distribuídos. O aplicativo desenvolvido pode ser utilizado de acordo ou não com a linha filosófica deste trabalho. Portanto, a justificativa social nos termos que estão colocados no trabalho, não tem a função de garantir que o mesmo seja seguido desta maneira, porém de indicar a coerência em sua utilização.

Entendidos os aspectos de base filosófica que sustentam este trabalho, a seguir apresentam-se os aspectos computacionais do mesmo, que serão tratados detalhadamente ao longo dos próximos capítulos.

Consideram-se os Objetos de aprendizagem como exemplos de recursos tecnológicos que surgiram como forma de organizar e estruturar materiais educacionais digitais. Tal conceito, embora seja um paradigma novo no âmbito da educação tem sido amplamente utilizado nos sistemas educacionais atuais através da constante e crescente disponibilização dos mesmos pela Internet (LONGMIRE, 2001). Entende-se como exemplos de objetos de aprendizagem os conteúdos multimídia, conteúdos e softwares instrucionais referenciados durante um ensino com suporte tecnológico (IEEE, 2007). Em outras palavras, objetos de aprendizagem são, então, quaisquer materiais ou recursos digitais com fins educacionais, ou seja, recursos que podem ser utilizados no contexto educacional de maneiras variadas e por diferentes perfis de alunos.

Konrath et al. (2006, p. 2), comenta como a prática pedagógica deve considerar os perfis dos alunos ao dizer que a mesma deve possibilitar

um amplo conjunto de experiências vivenciadas pelo sujeito no que se referem aos conhecimentos sociais, científicos, políticos e econômicos. Esse processo deve ser dinâmico, por intermédio de interações e trocas entre meios e sujeitos ao proporcionar uma aprendizagem significativa.

Dessa forma, entende-se que uma das maneiras para que se alcance uma aprendizagem significativa e orgânica, é possibilitar que as interações entre o sujeito e o sistema auxiliem na escolha do conteúdo mais adequado a ser apresentado ao aluno. Necessita-se, então, que o aplicativo que manipule a construção e distribuição dos objetos de aprendizagem possibilite adaptação de conteúdo, baseado nas interações entre aluno e sistema. Para tal necessidade faz-se uso, então, de uma técnica adaptativa.

A técnica adaptativa dos mapas auto-organizáveis tem se mostrado útil naquilo que se refere à solução de problemas de agrupamento (SILVA, 2007). Num sistema, onde suas variáveis de entrada sejam os alunos e os conteúdos educacionais, e o resultado esperado seja o agrupamento de ambos baseados em suas características e similaridades, sua utilização tende a ser válida para se descobrir a melhor heurística educacional para cada caso.

Comparada com as demais técnicas adaptativas apresentadas no capítulo quatro, ela se mostra uma boa escolha, principalmente devido ao fato de não necessitar de conhecimento prévio e também por lidar bem com problemas de agrupamento.

Para construção desta idéia, o presente documento organiza-se em seis capítulos, descritos a seguir:

O capítulo dois contextualiza e justifica a aplicação da proposta no cenário educacional musical brasileiro, sob um ponto de vista histórico-dialético.

O capítulo três faz um levantamento sobre Objetos de Aprendizagem. Descreve suas características, meios de acesso e formas de organização e indexação atualmente utilizadas pelos repositórios de objetos de aprendizagem.

Como o foco deste trabalho está no desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem Adaptativos, o capítulo quatro faz uma revisão das técnicas computacionais adaptativas. Dessa maneira, esse capítulo apresenta conceitos envolvendo técnicas como: Redes Bayesianas, Sistemas Especialistas, Sistemas Fuzzy, Computação Evolutiva e Redes Neurais.

Baseados nos conhecimentos abordados e estudados em todos os capítulos anteriores, o capítulo cinco envolve, então, processos pedagógico-educativos e técnicas computacionais adaptativas. Assim, esse capítulo se propõe a modelar um sistema baseado na Web que vise à utilização de objetos de aprendizagem adaptativos de forma dinâmica. Para isso esse capítulo engloba a modelagem de cada um dos principais requisitos necessários à implementação deste sistema. Ao final deste capítulo é apresentado o protótipo resultante deste trabalho, exemplificando sua utilização.

Já no capítulo seis são colocadas as conclusões, considerações finais e trabalhos futuros possíveis.

2 Uma reflexão sobre educação

No capítulo anterior levantou-se a problemática da abordagem do ensino musical no Brasil. De acordo, então, com o problema levantado, tem-se a necessidade de fazer uma busca e reflexão mais profunda sobre o mesmo antes de apresentar uma possível alternativa para que ele seja minimizado. Embora esse seja um trabalho vinculado originalmente à grande área das Ciências Exatas, não se pode negar seu caráter interdisciplinar de conteúdo.

O foco deste trabalho é a construção de um sistema que utilize técnicas de redes neurais computacionais para a recuperação dinâmica de conteúdos educacionais. O mesmo, porém, não prevê um controle na construção dos conteúdos educacionais. Existe, então, uma limitação pois o sistema realmente não pode deliberar o conteúdo de tais objetos. Em outras palavras, a prática educacional ao se utilizar o sistema, não necessariamente pode ser aquela proposta pelas linhas de pensamento que guiaram a construção deste trabalho. Faz-se necessário, então, o apontamento dos motivos que levaram a construção e distribuição de tal aplicativo, os quais não estão comprometidos com os interesses da educação meramente comercial, e sim com a criação de um sistema que seja utilizado de forma a contribuir de alguma maneira na construção de um ensino orgânico. Para isso, se fazem necessários também alguns apontamentos sobre a falta de organicidade na educação musical e na educação como um todo. Não se pode, porém, falar de falta de organicidade, sem que sejam mencionados alguns aspectos que estão interligados coerentemente com este trabalho. É o caso, por exemplo, do assistencialismo (MINTO, 1996; EID, 2004), que será abordado no próximo item. Este trabalho vem, então, para tentar minimizar a lacuna deixada pela educação musical inorgânica e assistencialista. Porém, também não se pode refletir sobre uma educação musical assistencialista sem antes abordar o assistencialismo e seus aspectos. Faz-se necessário, portanto, tal levantamento.

Em suma, nas próximas páginas deste capítulo apresenta-se um histórico dos processos educativos musicais no Brasil, assim como se faz uma crítica a assistencialização no ensino e aos processos educativos inorgânicos da educação bancária (FREIRE, 2005). Conforme já dito, são apresentados alguns levantamentos históricos e musicais necessários ao despertar crítico que os ideais de construção deste trabalho apóiam. Parte-se aqui do pressuposto básico que todo tecnicismo exagerado desarticula o poder de reflexão do indivíduo. Por esse motivo, o estudo dos processos históricos é coerente com a proposta desse

trabalho, a qual pauta-se na construção de um sistema educacional que possibilite a utilização de recursos educacionais de forma orgânica.

Quando se é capaz de compreender a sociedade como parte da história, pode-se compreender o processo pelo qual ela se tornou o que ela é. Dessa maneira, qualquer solução de problema proposta tem um fundamento muito maior do que uma simples análise superficial possa ter. Assim, pode-se afirmar que a história, quando levantada e devidamente contextualizada, ajuda na solução de problemas.

2.1 O assistencialismo na Educação

Quando se fala em assistencializar alguém, a primeira idéia que vem em mente é algo positivo e que traz ajuda. Com base nessa idéia, a concepção que a maioria das pessoas tem sobre assistencialismo é que o ser benevolente, que participa desse processo como agente atuante, é notável de grandes qualidades humanas. A intenção em relatar essa idéia não é de pura crítica ao assistencialismo. A intenção é sim fazer um alerta. O que mal sabe a maioria das pessoas é que esse assistencialismo é fator determinante que facilita muito o processo de massificação (FREIRE, 2003). O problema mais grave da assistencialização é que a mesma deforma e domestica o homem. Dessa maneira, o assistencialismo garante níveis mínimos de atendimento às necessidades humanas, sejam elas básicas (alimentação, vestuário, etc.), culturais e de lazer.

Esse processo de domesticação ocorre em variados níveis da sociedade afetando e transformando em massa o povo como um todo (desde um operário até um gerente). Ainda segundo Freire (2003, p. 16),

o seu grande perigo está na violência do seu antidiálogo que, impondo ao homem mutismo e passividade, não lhe oferece condições especiais para o desenvolvimento ou a abertura de sua consciência que, nas democracias há de ser cada vez mais crítica. Sem esta consciência crítica não é possível ao homem ajustar-se à sociedade atual, intensamente cambiante.

Ou seja, o que importa realmente ao se ajudar o homem é ajudá-lo a ajudar-se. Por isso a assistencialização é mais um problema que uma solução nos processos educativos. Esse assistencialismo, portanto, traz ao povo uma grande carência de elementos que são fundamentais numa formação histórico-cultural assim como o espírito de análise e de crítica, a paixão pela pesquisa, o debate e o diálogo. Certamente todos esses elementos dariam ao povo brasileiro uma postura amplamente diferente, muito mais autônoma. Com base nisso

conclui-se que para chegar a um processo de ensino que preze pela autonomia do educando o mesmo deve ser orgânico, deve ter uma relação dialética, nunca devendo o mesmo ser imposto por algum projeto educativo feito entre quatro paredes.

Em outros termos, ao se planejar um caminho educacional, este deve ter seus valores pautados na realidade social na qual os educandos estão inseridos (TORRES, 1997). Porém, é importante frisar que esse processo exige que se dê autonomia e responsabilidade a esse educando, fazendo-o refletir e entender de maneira crítica a sua realidade. É aí que a educação exerce um papel fundamental na formação de indivíduos críticos, que buscam na história e no passado os meios para se transformar o futuro.

Entende-se, portanto, que a construção do aplicativo proposto por esse trabalho só será coerente com os ideais filosóficos apresentados se o mesmo não for utilizado de forma assistencialista. Conforme completa Gentili (2002), quando se assistencia o educando, influencia-se diretamente no poder de autonomia e tomada de decisão do mesmo.

É certo dizer também que os processos educativos, quando executados de maneira democrática, favorecem a tomada de consciência por parte da sociedade. Conforme Freire (2003) diz, para ser democrático o conceito da educação sempre deve provir das bases e dos anseios da sociedade e nunca de um projeto assistencialista. Quando não se propõe ao aluno a responsabilidade e contextualização em seu processo educativo, o mesmo é inserido passivamente e torna-se mudo no processo.

2.2 Caracterização da educação “bancária”

Ao se ouvir esse termo (educação bancária) algumas palavras que se relacionam num primeiro momento seriam passividade, opressão e falta de autonomia. Pois bem, esses termos resumem bem a chamada educação bancária apresentada por Paulo Freire (2005). Dessa maneira, o autor compara a educação a um banco, onde o conteúdo educacional é o dinheiro e o cofre é a cabeça do aluno. Assim o processo educativo acontece de maneira unilateral como se fosse um depósito, onde o educador preenche os conteúdos na cabeça do aluno sem uma relação dialética (FREIRE, 2005).

Ou seja, na educação bancária (prática disseminadora da opressão), uma das conseqüências é a falta de estímulo do senso crítico dos educandos, dando-os roteiros, ou como se pode também chamar, fórmulas pré-prontas para que o conteúdo seja completamente absorvido pelo mesmo de forma passiva.

É importante deixar claro que nesse processo o educando é muito mais uma vítima que culpado ou cúmplice. É inclusive através desse processo que esse educando (que deveria tomar a consciência histórico-coletiva pela educação) acaba tornando-se um agente paciente da sua própria opressão. Tudo isso ocorre através do papel erroneamente encarado pelo educador. Conforme afirma Freire (2005, p.66),

a narração, de que o educador é o sujeito, conduz os educandos à memorização mecânica do conteúdo narrado. Mais ainda, a narração os transforma em “vasilhas”, em recipientes a serem “enchidos” pelo educador. Quanto mais vá “enchendo” os recipientes com seus “depósitos”, tanto melhor educador será. Quanto mais se deixem docilmente “encher”, tanto melhores educandos serão.

Ou seja, a educação bancária em suas bases não preza pela clareza e qualidade do processo educativo. Não é interessante à educação bancária incentivar o viés reflexivo que uma educação crítica pode tomar dentro dos educandos. Não é interessante a mesma fazer com que a consciência dos alunos emergja. Para o pensador reacionário, é necessário mantê-la assim. Não enxerga e não quer, o educador que concorda com essa linha de pensamento, que a educação se faz do povo com o povo e não sobre o mesmo (GENTILI, 2002). Todo e qualquer processo educativo para que possa ser mais eficaz traz consigo algo de significativo para quem aprenda (TORRES, 1997). Assim como toda e qualquer cultura é digna de observação e tem sempre algo de valia em termos educativos.

No caso da música, por exemplo, ela é uma das mais fortes manifestações artísticas e histórico-culturais de um povo (CORRÊA et al., 2004). Pode-se afirmar que a música deriva da alma e das perspectivas do indivíduo perante o mundo. Quando por exemplo uma pessoa assovia uma melodia qualquer, esta reflete sua consciência, sua perspectiva, seus anseios e seu modo de encarar a vida. Está implícita nessa melodia toda a formação histórica do indivíduo. Por isso os processos educativos musicais, assim como os demais, devem ser feitos a partir do homem, com o homem e nunca simplesmente para o homem. É importante também notar (nesse aspecto) que o ensino da música, aliado com formas mais eficientes (tecnologicamente falando) de disseminá-lo, podem contribuir em uma escala considerável num processo educativo orgânico. É aí que entra, por exemplo, o uso e aprendizado da mensagem da música e não somente o ensino como uma prática tecnicista. Na prática isso envolveria o uso de músicas que signifiquem algo ao educando. É necessário que aquele que aprenda, ao aprender se enxergue como agente de sua aprendizagem para que depois possa ser o propagador da mesma. A música, conforme já se falou anteriormente provém do cotidiano do indivíduo. Está intimamente relacionada com seu modo de vida. Pode-se considerá-la

como instrumento de ação e reflexão ou como diria Freire, pode-se considerá-la *práxis*. É através dela que o qualquer pessoa, mesmo sem saber, pode expressar seus sentimentos pela vida. Através dela, pode-se desmistificar, conscientizar, trazer à tona toda a consciência antes imersa pelos processos da educação bancária. Assim é possível que, com a música, também, o educando sintam-se mais consciente de si, pleno e mais humano. E junto com esse processo de sua humanização, vem também a busca pela sua autonomia, tornando-se, a partir de então, um propagador da criticidade no mundo, assumindo sua identidade cultural.

Visto isso, o próximo tópico aborda aspectos relacionados ao ensino de artes buscando elementos para se pensar em uma educação musical não assistencialista, ou seja, não bancária.

2.3 A educação musical como forma de resistência cultural

Ao longo da história, através da própria convivência, o ensino da música e da cultura musical como um todo, representou uma importante forma de resistência cultural contra a exclusão e segregação social (FERREIRA, 2005; WELLER, 2004). Alguns projetos, conforme se verá a seguir, buscaram e buscam alternativas de ensino e de cultura musical, contextualizada a realidade do aluno. Neste ponto, pode-se perceber uma relação e alinhamento entre esses projetos e a proposta educacional apresentada neste trabalho. Tais propostas, assim como este trabalho são baseadas na contextualização e organicidade educacional.

2.3.1 A experiência do canto orfeônico no Brasil

Levando-se em consideração o fato que em educação musical, assim como na educação como um todo, os alunos herdam valores e práticas culturais de sua sociedade (SWANWICK, 1988; VIGOTSKI, 2007), conclui-se que o processo de descoberta do gosto pela música poderia ser melhorado, através de um ensino onde o aluno possa vivenciar a sua própria realidade enquanto aprende. É o que se costuma chamar de ensino orgânico.

Villa Lobos, através do uso dessas idéias, propôs na década de 1930 um projeto de ensino musical nas escolas intitulado Canto Orfeônico (GOLDEMBERG, 2002). Ele acreditava que o incentivo da educação musical faria com que os alunos fossem dessa forma se sensibilizando gradualmente às manifestações artísticas e culturais como um todo. Seus

objetivos principais eram, portanto, o desenvolvimento musical da criança em seu momento presente. Por consequência, Gutemberg (2002) explica que isso acarretaria no futuro uma sociedade com adultos musicalmente alfabetizados.

O projeto em si não possuía nenhuma metodologia formalizada, porém existem alguns pontos a serem mencionados com relação a sua filosofia educacional (GUTEMBERG, 2002) São eles:

- A música é um direito de todos.
- A educação musical é necessária para o desenvolvimento pleno do ser humano.
- Por ser uma forma mais fácil e acessível de expressão musical, a voz cantada é o instrumento mais adequado para o ensino da música.
- O folclore deve ser utilizado no ensino musical.
- Quando se experimenta e se tem contato com a música no processo de aprendizagem, seu ensino se torna mais significativo.

Baseado nestes pontos, pode-se observar um alinhamento de idéias do projeto do canto orfeônico com a filosofia educacional apresentada neste trabalho. Ambos vinculam a contextualização da realidade do aluno como ponto forte no processo de aprendizagem.

Abordando-se tecnicamente, as características educacionais do canto orfeônico se distinguem do canto de coral principalmente no que se refere à rigidez da proposta educacional (CORRÊA et al., 2004). Enquanto no canto coral, existe uma necessidade técnica musical mais aprofundada e os grupos de vozes são bem definidos, no canto orfeônico os grupos de prática são heterogêneos, onde não se exige conhecimento musical ou treinamento vocal de seus participantes. Conclui-se portanto que é uma modalidade de estudo mais acessível.

De acordo com o próprio contexto histórico de Villa Lobos, que justifica que a educação musical pode ser otimizada, se contextualizada à realidade do aluno, por exemplo, aprendendo-se através de canções folclóricas e populares, tem-se ao longo da história o uso do aprendizado musical também como forma de resistência cultural e reflexão da realidade (CORRÊA et al., 2004). É o caso, por exemplo, da educação musical através de oficinas utilizando os ritmos que estejam presentes no cotidiano dos educandos. Tais propostas serão vistas a seguir.

2.3.2 O *hip hop* da periferia: música contra a segregação

Ainda seguindo a linha de pensamento pautada na organicidade educacional, considera-se, então, que o ensino de ritmos populares pode ser utilizado como elemento de construção de uma educação musical progressista (FERREIRA, 2005).

No caso do *hip hop*, a utilização do mesmo como ferramenta no aprendizado rítmico pode possibilitar que ao aprender o conteúdo o aluno reflita sua própria realidade. O próprio nome *hip hop* significa sacudir o quadril (*hip* – saltar, *hop* – quadril). Para Gomes, (1996, p. 1), sacudir o quadril deve ser entendido no sentido de que se tenha “jogo de cintura” e que se saiba agir e reagir diante de uma sociedade excludente e discriminatória. Considera-se o *hip hop* como algo mais completo que um simples ritmo musical. Ferreira (2005) explica que o *hip hop* constitui um movimento sócio-cultural que reúne três manifestações distintas: o *rap*, o *break* e o *graffiti*. O foco desta abordagem, porém, é aquele que aponta os aspectos musicais do *hip hop* como ferramenta de educação musical.

Complementando, Ferreira (2005) e Weller (2004) relatam a utilização de oficinas nos espaços públicos de favelas como forma de aprendizado musical. Nestes espaços, ainda segundo as autoras existem cursos para aprendiz de *DJ* (*Disk Jockey*) e oficinas para aprendizado de teoria musical rítmica, por exemplo, que contribuem na educação de adolescentes e jovens em geral, em espaços não escolares. Ferreira (2005) ainda explica que essa definição de educação aplicada nos espaços e oficinas de *hip hop* é o que se pode chamar de educação informal, pois mesmo seguindo normas e obedecendo a uma organização, ela possibilita uma flexibilidade de tempo e local onde as oficinas acontecem, assim como os conteúdos de aprendizagem são adaptados as características de cada grupo.

Através dessa associação dos conteúdos apresentados com a realidade, existe um resgate da auto-estima e criatividade entre os jovens, que se dá pela construção de sua identidade cultural (WELLER, 2004). O que interessa, portanto, aos jovens dessas comunidades nesse tipo de proposta educacional, é que nela o educando consegue se enxergar no processo de aprendizagem. Dessa maneira, entende-se que o *hip hop* assume um caráter educativo, seja entre os que o definem como movimento, seja entre os que o valorizam apenas por suas características de entretenimento. E essa característica de contextualização e organicidade educacional é o ponto que o alinha com as idéias deste trabalho.

2.3.3 Música, folclore e cultura

Quando se aborda o desenvolvimento metodológico para projetos de ensino de música que utilizem o folclore e a cultura no geral para desenvolvimento cognitivo de música, pode-se seguir por basicamente duas vertentes (LÜHNING, 1999; ALMEIDA, 2004).

Uma delas seria a de tratar as manifestações culturais como um insumo de pesquisa fora de qualquer contexto. Dessa maneira, a história e a origem dos elementos folclóricos são avaliadas através de uma visão estática de pesquisadores que estudam a cultura alheia mais como observadores do que como atores daquele contexto social onde a tradição estudada se desenvolveu e foi construída.

Numa outra abordagem (LÜHNING, 1999), apresenta-se o estudo de música através das manifestações artísticas como um resgate da tradição musical, incluindo-se nesse contexto os aspectos históricos, simbólicos e sociais. Dessa forma, aborda-se o significado das letras, dos trajes típicos e da expressão corporal, por exemplo. Assim, o processo de pesquisa desta maneira seria conduzido pelos próprios membros da cultura a ser estudada em parceria com os pesquisadores de fora. Conclui-se que desta forma contextualizada, existe um aproveitamento mais eficaz (CORRÊA et al., 2004). Lühning (1999) complementa analisando por exemplo o fato que a letra, em algumas músicas do Candomblé ou da capoeira Angola, é mais importante que a própria música por si só. Ao aprender um conceito musical nesse aspecto, então, pode-se dizer que o aluno está conhecendo melhor sua própria cultura e construindo sua identidade cultural.

Lühning (1999), ainda explica que, como reflexo do primeiro tipo de abordagem apresentado, atualmente as manifestações artísticas nas escolas abordam de forma desestimulante a educação artística, folclórica e cultural. É o caso, por exemplo, das apresentações obrigatórias das escolas como a “semana do folclore”. Ao invés de haver um incentivo a sensibilização dos alunos de forma regular, impõe-se apresentações obrigatórias em datas específicas onde o aluno observa uma cultura a qual não está inserido. O mesmo ocorre no dia do índio e em outras comemorações que, como diria a autora, parecem ter caráter decorativo, justamente para desviar de uma discussão séria dos conceitos envolvidos nas manifestações. Adorno (2007) completa essa abordagem afirmando que existe uma manipulação denominada “indústria cultural”, onde se visa obter um comportamento dócil e uma multidão domesticada, através da exploração sistemática dos bens culturais. Segundo ele, a arte e a educação musical neste contexto buscam a criação de um “cidadão conformista” que

nada tem em comum com o uso da razão e da liberdade. Tal prática, neste sentido, se relaciona com o conceito de “educação bancária”, já visto anteriormente.

Visto os aspectos relacionados a uma educação musical orgânica, serão apresentados no próximo tópico alguns projetos que abordam a educação musical por outro viés filosófico.

2.4 Projetos de arte e educação musical assistencialistas

A seguir, serão apresentados e descritos alguns projetos sociais relacionados à educação musical e a música, que se enquadram no conceito de assistencialismo, visto anteriormente. A intenção aqui, não é uma análise superficial que diga se para o indivíduo tais projetos são bons ou ruins. A intenção é sim analisar as conseqüências sociais de projetos que só trazem o nível de cultura e entretenimento mínimos a população, não efetivamente proporcionando nenhum tipo de transformação social (GENTILI, 2002). É o que pode ser notado nos projetos descritos a seguir, onde a construção dos mesmos não se dá pela organização popular e pelo estado, e sim por iniciativa privada e por projetos de pessoas que imaginaram como o problema deveria ser encarado. Toma-se como base a análise de projetos assistencialistas vinculados à arte no geral, à música e à educação musical descrevendo resumidamente cada um deles.

Um deles é o projeto “Escola de Samba pela Paz” da Fundação CESGRANRIO (CESGRANRIO, 2007). Ele foi desenvolvido durante o ano de 2002 com o objetivo de qualificar jovens através de cursos profissionalizantes na área de cultura, assim como cursos de reparo de instrumentos musicais de percussão, fantasias e adereços de carnaval. O projeto atendeu 1.000 jovens nas comunidades da Zona Oeste, Zona Norte, Centro, Zona Sul, Grande Madureira, Baixada, Niterói e São Gonçalo.

Outro exemplo pode ser o projeto “Aprendendo com Arte” da Fundação Raimundo Fagner (FRF, 2007). Ele funciona basicamente nas cidades de Fortaleza e Orós, no Ceará. Atende cerca de 200 crianças em Orós e 150 crianças em Fortaleza. Conta com 15 educadores e mais 10 funcionários de apoio. As disciplinas ensinadas variam entre História da Arte, Flauta Doce, Violão, Capoeira e Teatro.

No Estado de São Paulo um dos projetos que se enquadra na linha dos já descritos é o projeto “Guri” (MOTOROLA, 2007). Nele, a Motorola contribuiu com a abertura de duas novas unidades (Jaguariúna e Rio Pequeno), onde são atendidas cerca de 300 crianças e adolescentes que aprendem canto coral, violino, violoncelo, viola, baixo, flauta, clarinete, saxofone, trompete, trombone e percussão. Os alunos também têm a oportunidade de aprender

leitura musical, conhecimentos técnicos de instrumentos, repertório e prática de conjunto musical em ensaios e apresentações.

Por fim, na Baixada Fluminense, tem-se a escola de música “Mata Virgem” (SAMBA-CHORO, 2007). Ela conta com aproximadamente 300 alunos entre 9 e 18 anos. Para participar do projeto, as crianças precisam estar matriculadas na escola. As aulas de música erudita, clássica e MPB acontecem de segunda a sexta-feira em dois turnos. O projeto é patrocinado pelo cantor e compositor Zeca Pagodinho.

Baseados nos projetos apresentados, e nas considerações feitas acerca da educação musical, nota-se que esta se restringe às escolas privadas de músicas e aos projetos sociais pontuais (FERREIRA, 2005; WELLER, 2004).

É fato que todo planejamento educativo público conta com um projeto político-pedagógico construído coletivamente em cada escola de acordo com diretrizes estabelecidas pelo Ministério da Educação e Cultura (MINTO, 1996). Este planejamento é norteado por parâmetros curriculares que seguem as leis de diretrizes e bases da educação.

A legislação e os projetos político-pedagógicos por si não garantem que a educação aconteça de acordo com as bases teórico-filosóficas defendidas neste trabalho. Mas permitem que a educação seja um espaço em disputa aberto a diferentes interesses sociais, o que não ocorre com as escolas privadas e nos projetos sociais assistencialistas apresentados.

Este fato reforça as colocações de Ferreira (2005), Weller (2004) e Lühning (1999) no que diz respeito à organicidade educacional musical. Retomando a linha de pensamento das autoras, esses projetos sociais e instituições privadas são caracterizados por um modelo de educação hegemônico, sem espaços que possibilitem a alteração do mesmo.

Assim, para a construção de uma educação musical orgânica que respeite os interesses dos educandos é necessário que ela seja acessível a todos através de um modelo educacional construído pela coletividade, ou seja, é necessário que a educação musical esteja inserida na educação formal pública.

Ainda com base nas considerações anteriores, não basta que a educação musical seja acessível a todos. É necessário também que a mesma ocorra de forma orgânica.

É neste sentido que o aplicativo proposto neste trabalho vem, portanto, auxiliar tal organicidade educacional. Conforme visto anteriormente é possível que isto ocorra dentro do ensino formal, porém menos provável que ocorra na educação privada, assim como nos projetos sociais assistencialistas.

Exemplificados tanto os projetos musicais orgânicos, quanto os assistencialistas, na próxima seção serão apresentados alguns aspectos que visualizam a tecnologia como uma ferramenta para a transformação social.

2.5 A Tecnologia como instrumento de transformação social

Numa visão geral, quando se pensa numa solução ou num sistema que agilize um processo a idéia principal na maioria dos casos é: automatizar um processo em alguma corporação de modo que esta obtenha mais lucro. Na verdade a postura abordada nas linhas de desenvolvimento de sistemas é, no geral, sempre aquela onde a visão da empresa e do empreendedor predomina. Através deste ponto de vista nem todos os pensadores estão comprometidos com a liberdade de pensamento, assim como com o desenvolvimento da tecnologia em prol das pessoas.

Neste aspecto, o desenvolvimento de software livre que tenha como finalidade a inclusão digital, assim como qualquer iniciativa em projetos computacionais de cunho pedagógico vem ao encontro das necessidades atuais da sociedade contemporânea, partindo do pressuposto básico de que a tecnologia existe para ajudar as pessoas. Do contrário de que vale tanto desenvolvimento tecnológico se o mesmo nem sempre é acessível e não pode ajudar nem modificar a vida de todos?

A tecnologia é ferramenta indispensável à evolução do pensamento humano como um todo, porém, é necessário critério na elaboração de planos que se utilizem da tecnologia como instrumento pedagógico. Conforme diz Oliveira (1999, p. 11),

por lidar com realidades virtuais, o computador jamais poderá ser utilizado de forma a ameaçar o contato com a própria realidade, e alienar; mas, ao contrário, deverá ser usado sempre para fortalecê-la, por meio da tomada de consciência de si mesma como alguém capaz de lidar com representações simbólicas, mantendo os pés bem firmes no chão.

Desta maneira, torna-se necessária a aplicação de paradigmas pedagógicos adequados às práticas educacionais voltadas à tecnologia. Isso com base nas necessidades das pessoas como um todo. Ou seja, todo o conteúdo pedagógico deve refletir em ação de conscientização e não em massificação dos educandos. Levando em consideração o fato que é improvável que a escola altere diretamente as condições de vida da população (respeitando a constituição sócio-histórica de cada um desses sujeitos), um desafio ímpar na utilização da tecnologia como ferramenta de aprendizagem seria como propor um programa psicopedagógico através

de um sistema informatizado para alcançar resultados de forma abrangente ao transmitir o conteúdo programático fugindo de padrões de ensino puramente alienantes (FIORENTINI, 2003).

Oliveira (1999, p. 31) esclarece também que “para o desenvolvimento cognitivo são determinantes os fatores sociais de cooperação ou coordenação interindividual das ações, assim como a necessidade de verificação e conservação do sentido das idéias e das palavras”. Em outros termos, o que a autora afirma é que ninguém aprende sozinho, sem intercâmbio de idéias, fatos e pensamentos os quais ajudam o educando a chegar à sua devida zona de desenvolvimento proximal ou simplesmente ZDP (VIGOTSKI, 2007). Em suma, praticamente inexistente aprendizado individual sem o social.

É de consenso comum a percepção de que o modelo escolar vigente foi e, em alguns casos ainda está congelado por mais de um século. Isso ao invés de estimular a criatividade, a liberdade e a criticidade dos aprendizes no que se refere à expressão do conhecimento adquirido, acaba gerando um efeito contrário causando uma massificação do pensamento dos alunos. As pressões sociais ao longo do tempo contra esse modelo não foram suficientes para que de fato fosse estimulada uma mudança. Isso se deve em grande parte porque a formação massificada se adaptava bem ao modelo produtivo vigente (Fordismo), que requeria um grande número de trabalhadores mesmo sem instrução, pois o fim na maioria das vezes de seu trabalho culminaria em atividades braçais e tarefas rotineiras que seriam executadas sem nenhum questionamento (PERES, 2007). Esse modelo educacional e de produção (baseado no Fordismo) está aos poucos sendo abandonado para dar lugar a outro modelo adotado inicialmente pela indústria automobilística japonesa: o Toyotismo. Esse modelo de produção tecnológica e de educação dito mais “moderno”, requer trabalhadores com maior qualificação técnica e por consequência mais flexíveis (PERES, 2007). Neste caso os trabalhadores assumem responsabilidade não somente com relação às tarefas que executam, mas também no próprio processo de desenvolvimento e melhoria do processo produtivo. Ao ser disseminado, então, esse modelo provoca uma demanda para uma mudança na escola. Conforme nos diz Oliveira (1999, p. 58), “a revolução técnico-científica deste fim de século desloca o lócus do poder do capital financeiro para a informação; esta passa a ser o capital mais importante. Conhecer é ter poder.”. Isso gera um grande reflexo na metodologia dos processos educativos, já que agora, conforme visto, a informação é o que mais importa. Mais especificadamente o que se vê como prática nos dias atuais é o incentivo cada vez maior pela educação estritamente técnica e especializada, que atenda esse modelo de produção vigente de maneira mais satisfatória possível. Entretanto, o que se deve levar em conta é que a tecnologia por si

só não nos trás nenhuma solução para uma mudança educacional. Pelo contrário. Se essa educação tecnológica for utilizada de maneira indiscriminada, ela muito mais aliena do que ajuda o educando a se conscientizar. Principalmente se ela for introduzida de forma a reforçar o modelo de ensino massificante, deixando esse reforço não transparente e se escondendo atrás de uma aparência de modernidade.

Isto posto, no capítulo a seguir, serão abordados os aspectos teóricos de um tema que está intimamente ligado à educação auxiliada pelo computador: os Objetos de Aprendizagem.

3 Objetos de Aprendizagem

Baseados na abordagem educacional apresentada no capítulo anterior, este capítulo vem integrar o suporte educacional levantado às ferramentas para implementação do mesmo. É necessário, então, aprofundar alguns conhecimentos e fazer uma reflexão mais detalhada no que diz respeito às técnicas que suportam a construção de conteúdos educacionais digitais. Para isso, pretende-se nas próximas páginas apresentar conceitos e idéias que fundamentem a inovação dos processos educativos através de uma idéia relativamente nova no âmbito educacional: os objetos de aprendizagem.

Wiley (2000) define objetos de aprendizagem (*LOs – Learning Objects*) como qualquer recurso digital que possa ser utilizado ou reutilizado para o suporte ao ensino. Além da própria reutilização, tais objetos podem ser também referenciados ao longo de um processo de aprendizagem através de meios digitais. Seu tamanho varia, podendo ir de apenas um parágrafo até um curso inteiro. (DOWNES, 2000).

Muzio et al. (2001), numa outra definição, utiliza o termo objeto de aprendizagem como um pedaço de informação granular e reutilizável independente de mídia.

Em termos de variação da apresentação de conteúdo ao educando, os objetos de aprendizagem podem ser adaptativos ou não. Objetos de aprendizagem não adaptativos têm o seu conteúdo de apresentação igual a qualquer educando, ou seja, nenhuma característica sua varia de um aluno para outro na sua apresentação. Já os objetos de aprendizagem adaptativos, por sua vez, podem ser dinamicamente recuperados a partir de repositórios de objetos de aprendizagem (*LORs – Learning Objects Repositories*). Para realizar tal adaptação, faz-se uso de técnicas adaptativas (conforme se verá no capítulo quatro) disponibilizando o conteúdo que melhor se relacione ao aluno.

Complementando essa informação o IEEE *Learning Technology Standards Committee* (IEEE-LTSC, 2005), afirma que o aprendizado digital pode ser feito por sistemas de educação à distância, sistemas de aprendizagem colaborativa e sistemas inteligentes de instrução auxiliados por computador.

Em termos de conteúdo mediado por um computador, Downes (2000), relata que embora muitas instituições de ensino tenham somente cursos completos on-line, várias outras

já vêm oferecendo materiais de apoio menores e mais portáteis, os quais melhor se encaixam na definição de objeto de aprendizagem.

Em suma, objetos de aprendizagem são conteúdos digitais que podem ser utilizados em diferentes ocasiões, por diversas vezes, sendo que esses possuem atributos que classificam sua granularidade para utilização e reutilização. Ou seja, pode-se considerar que os objetos de aprendizagem podem ser contextualizados em diferentes recursos educacionais, por exemplo. Nos próximos parágrafos e tópicos, portanto, se apresentarão características de uso e otimização deste recurso para a implementação deste trabalho.

3.1 Otimizando a utilização dos objetos de aprendizagem

Conforme evoluem as técnicas de criação e utilização dos objetos de aprendizagem, as conclusões sobre sua especificação convergem mais ao seguinte ponto: quanto mais descontextualizado o objeto, mais reutilizável é o mesmo. É o que informa Wiley (2005), ao afirmar que cada vez mais o design instrucional dos objetos tem caminhado para essa idéia. Segundo o autor, o tamanho do objeto de aprendizagem é inversamente proporcional ao seu potencial de reuso. Quando um sistema automatizado ou designer instrucional usa um objeto de aprendizagem ele está na verdade sempre contextualizando o mesmo às suas necessidades. Complementando esse fato, Downes (2000) afirma que ao se construir um objeto através de uma página Web, a mesma deve ser portátil em termos de conteúdo, ou seja, deve possibilitar o maior número possível de reutilizações.

Pode-se fazer um paralelo com o seguinte cenário: um educador de música de um curso livre, por exemplo. Em determinado momento esse educador necessita explicar conceitos relacionados ao ritmo, por exemplo, assim como fórmulas de compassos simples e de compassos compostos. Se o objeto que ele (educador) criar for repleto de conceitos somente relacionados às fórmulas de compasso, por exemplo, muito dificilmente tal objeto poderá ser aproveitado para outra utilização, senão aquela relacionada às fórmulas de compasso. Se por outro lado, o objeto for projetado de maneira mais genérica, o mesmo poderá ser utilizado tanto para conceitos rítmicos gerais, assim como fórmulas de compasso, pausas, figuras pontuadas e quiálteras, indo até mesmo a conceitos históricos e sociais da construção de estilos musicais que utilizem frequentemente uma fórmula de compasso (é o caso, por exemplo, do *Blues*, onde as fórmulas de compasso 4:4 e 12:8 são mais comuns).

Baseando-se nessas idéias, seria possível concluir que para uma construção de objetos de aprendizagem pautada em possibilidades maiores de reuso, o conteúdo do mesmo deve ser o menos específico possível, se enquadrando assim nas mais variadas formas sem, contudo, perder seu potencial de aprendizagem.

Vale lembrar, porém, que a generalização do conteúdo dos objetos deve ser feita de maneira que o grau da subjetividade do objeto não comprometa o potencial de ensino do mesmo. Caso contrário, o resultado é perda de capacidade educacional do recurso, mesmo que este seja totalmente reutilizável. Vigotski (2007, p. 11) confirma a necessidade de um aprendizado contextualizado quando relata que

o momento de maior significado no curso do desenvolvimento intelectual, que dá origem às formas puramente humanas de inteligência prática e abstrata, acontece quando a fala e a atividade prática, então duas linhas completamente independente de desenvolvimento, convergem.

Ou seja, o autor confirma nesse pensamento que a contextualização nos processos educativos é importante e que a prática e a fala (que são exercidas de acordo com a realidade social de cada um) são fatores determinantes da transformação intelectual humana. Baseado nessas definições, pode-se concluir que o desenvolvimento de um objeto de aprendizagem deve possibilitar o reuso, porém, sem nunca perder suas características de contextualização.

Alguns autores, para explicar as características dos objetos de aprendizagem, fazem uso de figuras de linguagem. Seguindo essa linha, em uma alusão aos conceitos de Física, Wiley (2000) compara o objeto de aprendizagem ao átomo. Ambos são as menores unidades em seus respectivos mundos. Conforme se combinam, formam peças que servem para ser utilizadas em aplicações distintas. No caso dos objetos, estes podem ser aproveitados para variadas finalidades educacionais, assim como música, álgebra ou história. No caso do átomo, este pode se combinar ou recombinar com demais átomos, formando moléculas. Já Hodgins (2000) usa o conceito de blocos de peças de brinquedo (Lego) para enfatizar a capacidade de reutilização dos objetos. Porém, baseado no fato que nem todos os objetos podem ser combinados entre si (assim como os átomos), dependendo de certa contextualização e adaptatividade ao meio, a comparação de Wiley de certa forma é mais coerente.

Pautado na linha das idéias levantadas, Longmire (2001) elenca algumas das características definidas aos objetos de aprendizagem. Dentre elas, pode-se citar:

- Flexibilidade: Os objetos de aprendizado que são construídos de forma que não sejam tão específicos já são projetados para ser flexíveis, podendo ser reutilizados.

- **Facilidade para Atualização:** Já que os mesmos objetos podem ser utilizados em diversos momentos, a atualização dos mesmos em tempo real é relativamente simples. Porém, é necessário que todos os dados relativos a este objeto estejam em um mesmo banco de informações. Dessa forma torna-se desnecessária a atualização deste conhecimento em todos os ambientes que o utilizam. Assim, a pessoa que apenas utilizou o conhecimento de um autor poderá contar com correções e aperfeiçoamentos sem ter que se preocupar com isso.
- **Customização:** Os objetos de aprendizagem possibilitam uma capacidade de customização maior do que qualquer outro paradigma educacional. Isso se deve ao fato dos objetos serem independentes, possibilitando a eles assim serem arranjados da maneira mais conveniente possível (de acordo com cada instituição de ensino ou curso, por exemplo).
- **Interoperabilidade:** Baseado no conceito da interoperabilidade, um objeto pode ser criado e utilizado em qualquer plataforma de ensino em todo o mundo. Dessa forma pode-se dizer que a interoperabilidade entre bancos de objetos de todo o mundo pode trazer uma maior dinamicidade aos processos educativos.
- **Aumento do valor do conhecimento:** Quanto mais um objeto é utilizado e reutilizado ao longo do tempo, mais consolidado e maduro está, pois o mesmo é passível de alterações e melhoras provenientes de diversos educadores.
- **Busca e Indexação:** Quanto mais se utilizam os objetos de aprendizagem, mais específicos e detalhados ficam os meios de indexação dos mesmos. Isso contribui também para uma maior reutilização. Mais adiante, se verão detalhes específicos sobre metadados e repositório de objetos de aprendizagem.

Portanto, baseado nos levantamentos observados percebe-se realmente que o objeto de aprendizagem é um recurso educacional granular, devendo os mesmos possuir características que possibilitem a sua contextualização, sem retirar a possibilidade do reuso dos mesmos.

De forma prática podem-se abordar alguns detalhes que são usados na construção dos objetos de aprendizagem. Se a disponibilização do conteúdo for dinâmica e adaptada a cada aluno, é necessário de alguma forma classificar o conteúdo, ou seja, o objeto de aprendizagem necessita de metadados que informem sobre sua característica. É o que se verá a seguir, no próximo item.

3.2 Objetos de Aprendizagem: Acesso e organização

Atualmente, é fato comum a constante distribuição e visualização de documentos em formato eletrônico, seja ela de qualquer finalidade. Tais informações disponibilizadas podem ser de caráter corporativo, como é o caso de sistemas de Gerenciamento Eletrônico de Documentos (GED), assim como de caráter educacional (no caso, este trabalho, por exemplo). Tanto um quanto outro fazem uso do armazenamento digital de documentos, e de informações digitalizadas em geral, assim como fotos, textos ou vídeos. Enfim, seja para qual for a necessidade, um sistema computacional que lide com documentos digitais sempre terá que achar uma maneira eficiente de armazenar e recuperar suas informações organizadamente. Ou seja, são necessários padrões que caracterizem o objeto e possibilitem seu uso da forma mais dinâmica possível.

Potencializados pela constante e crescente disponibilização de objetos de aprendizagem na Web, surgem, os Repositórios de Objetos de Aprendizagem (*Learning Objects Repositories - LORs*). Silva (2007) esclarece que tais repositórios são bases de dados que utilizam metadados para catalogação e avaliação de objetos. Em suma, entende-se o conceito de Repositório de Objetos de Aprendizagem como bibliotecas de conteúdo on-line que armazenam objetos educacionais. Assim, pode-se entender, portanto, a necessidade de uma organização eficiente para que o acesso a essas bibliotecas seja feito de maneira dinâmica. Caso contrário, determinadas pesquisas por conteúdos acabariam sendo inviáveis.

Pensando numa padronização concisa no que diz respeito à construção de objetos de aprendizagem, alguns grupos como o IEEE (1484.12.1-2002 *Standards for Learning Object Metadata*) e a ISO (SC 36 WG 2 - *Information Technology for Learning, Education and Training*) têm trabalhado na elaboração de propostas para a categorização dos metadados dos objetos de aprendizagem. Conforme completa Tarouco (2003), objetos de aprendizagem são mais bem aproveitados quando estes são organizados em uma classificação de metadados.

Em se tratando de estratégia para acesso, os repositórios de objetos de aprendizagem podem ser implementados de maneira local (em uma só instituição de ensino) ou distribuídos (através de consórcios de instituições). Silva (2007) aponta como exemplo de LOR o repositório MERLOT (*Multimedia Education Resource for Learning and Online Teaching*), com mais de 16.000 objetos cadastrados.

Embora existam organizações desenvolvedoras de repositórios de objetos de aprendizagem que façam uso dos seus próprios padrões de metadados para descrever seus

repositórios, é mais comum encontrar metadados padronizados de acordo com as seguintes normas: DCMI (*DublinCore Metadata Initiative*), LOM (*Learning Objects Metadata*), ou SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*). A seguir, serão apresentados detalhes sobre cada um deles.

3.3 Padronização de metadados

A elaboração e modelagem deste trabalho não se vincularam a nenhuma padronização de metadados. Isso se deve ao fato que na sua própria modelagem o sistema permite que o educador utilize a padronização mais adequada a cada caso, fazendo uso do cadastro de características do sistema, conforme se verá no capítulo cinco. Contudo, é necessário que o leitor conheça como se aplica o conceito metodológico de padronização de metadados para um melhor entendimento da modelagem que será projetada no capítulo cinco.

Em termos de similaridade, a padronização que mais se aproxima do modelo deste sistema é o SCORM. Isso se deve ao fato da mesma, assim como o aplicativo desenvolvido neste trabalho, ser aberta a criação de novos metadados. Maiores detalhes serão vistos nos itens a seguir.

3.3.1 DCMI

O DCMI ou *Dublin Core Metadata Initiative* é uma organização internacional que visa a melhoria e ao desenvolvimento de padrões de metadados online para variados propósitos de implementação. Os trabalhos do DCMI englobam também esforços de melhoria de arquitetura e modelagem dos metadados. Dessa forma, pode-se otimizar o desenvolvimento de um sistema a fim de atingir uma forma mais dinâmica para buscar informações (DCMI, 2007).

Ainda segundo a organização, o DCMI possibilita através da padronização dos metadados a criação cada vez maior de sistemas de apoio à busca e recuperação de informações.

Como missão fundamental o órgão provém padronizações para a manipulação de metadados buscando sempre a internacionalização sendo que a construção de seus padrões é sempre pautada num desenvolvimento coletivo dos mesmos (DCMI, 2007). Dessa forma, podem-se considerar as seguintes características que o representam:

- Independência: o DCMI não é um órgão controlado por interesses comerciais, não tendo vínculo direto (em termos de decisões técnicas sobre padrões) com nenhuma outra organização privada. Isso garante que as decisões técnicas tomadas pelo seu comitê sejam independentes e sem influências externas.
- Internacionalismo: organizações de todo o mundo podem participar.
- Espaço para participação: o DCMI é organizado sempre buscando a democratização das participações em seus comitês. Não há pré-requisitos para que uma organização participe.
- Simplicidade de padrões: permite dinamicidade na criação de registros. Dessa forma seus padrões podem ser difundidos eficientemente, sem um custo de tempo muito alto para aprendizado.

Com base nessas características, foram desenvolvidos 22 tipos de metadados a fim de melhor descrever variados tipos de mídias digitais. A seguir serão descritos cada um desses tipos:

- Periodicidade de Atualização (*Accrual Periodicity*): Indica a frequência como os itens são adicionados à coleção.
- Método de Atualização (*Accrual Method*): Indica o método como os itens são adicionados na coleção.
- Política de Atualização (*Accrual Policy*): Indica a política de atualização que organiza a adição de novos itens à coleção.
- Público (*Audience*): Representa a classe de pessoas ou entidade que o recurso pretende alcançar.
- Contribuidor (*Contributor*): Indica a entidade responsável em fazer qualquer contribuição aos recursos.
- Cobertura (*Coverage*): É o espaço, tempo, ou jurisdição no qual o recurso é relevante.
- Criador (*Creator*): É a entidade primariamente responsável por desenvolver o recurso.
- Data (*Date*): Indica um ponto ou período de tempo associado com algum evento no ciclo de vida do recurso.
- Descrição (*Description*): É um detalhamento maior do recurso. A descrição pode incluir (porém sem se limitar somente a isso) os seguintes pontos: um resumo, uma

tabela de conteúdo, uma representação gráfica, ou algum texto livre detalhando o recurso.

- Formato (*Format*): Indica o formato do arquivo. Algumas informações adicionais pode ser tamanho e duração (no caso de um arquivo de áudio ou vídeo).
- Identificador (*Identifier*): É uma referência do recurso. É recomendado pelo DCMI o uso de um texto conforme a padronização formal de referências bibliográficas.
- Método Instrucional (*Instructional Method*): O método instrucional inclui a descrição de como representar materiais instrucionais ou conduzir atividades instrucionais.
- Idioma (*Language*): Descreve o idioma do recurso.
- Procedência (*Provenance*): Determina qualquer mudança quanto à propriedade e custódia do recurso.
- Editor (*Publisher*): Aquele que é responsável por deixar determinado recurso disponível.
- Relação (*Relation*): Descreve um recurso relacionado ao recurso corrente. É recomendado pelo DCMI o uso de um texto conforme a padronização formal de referências bibliográficas.
- Direitos Autorais (*Rights*): Descreve as informações sobre os direitos autorais relacionadas ao recurso.
- Proprietário dos Direitos (*Rights Holder*): Determina a pessoa ou organização que gerencia os direitos autorais sobre o recurso.
- Fonte (*Source*): Descreve de qual fonte o recurso corrente é derivado.
- Assunto (*Subject*): Descreve o assunto do recurso.
- Título (*Title*): Descreve o título ou nome do recurso.
- Tipo (*Type*): Descreve a natureza ou tipo do recurso.

3.3.2 LOM

O IEEE (através do 1484.12.1-2002 *Standards for Learning Object Metadata*) define metadado como uma informação sobre um objeto seja ele físico ou digital. Assim, imagina-se que o crescimento das informações sobre os dados (metadados) aconteça na mesma proporção de crescimento dos dados. Caso isso não ocorra, tal falta de informação poderá acarretar na inviabilidade no gerenciamento e organização das informações (IEEE, 2007).

A padronização de metadados LOM, ou *Learning Objects Metadata*, vem portanto ao encontro dessa necessidade, definindo uma estrutura que descreve os objetos de aprendizagem. Porém tal padronização não define sua utilização em termos tecnológicos. Ou seja, desde que estabelecidos seus padrões, o tipo de implementação tecnológica é livre.

Para o padrão LOM os Elementos de Dados (ou *Data Elements*) são agrupados em categorias, organizados assim de uma forma mais eficiente. Para esse padrão são utilizadas nove categorias de agrupamento. São elas:

- Geral (*General*): essa categoria abrange os elementos gerais dos objetos de aprendizagem.
- Ciclo de Vida (*Lifecycle*): agrupa as características que relacionam a história e a evolução do objeto de aprendizagem ao longo do tempo.
- Meta-metadado (*Meta-metadata*): Descreve um identificador para a instância de metadados, assim como o nome do criador do metadado, como o mesmo foi criado e com base em qual referência.
- Técnica (*Technical*): Descreve os requisitos técnicos que caracterizam o objeto de aprendizagem.
- Educacional (*Educational*): Descreve os conceitos pedagógicos associados ao objeto de aprendizagem.
- Direitos autorais (*Rights*): Apresenta os direitos de propriedade intelectual do objeto e seus usos.
- Relação (*Relation*): Possibilita documentar o relacionamento entre um objeto de aprendizagem e outro.
- Anotação (*Annotation*): Permite a colocação de comentários e observações pertinentes à utilização do objeto de aprendizagem.
- Classificação (*Classification*): Detalha como se define o objeto dentro de um sistema de classificação específico.

3.3.3 SCORM

O SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*), ou modelo de referência para objetos de conteúdo compartilhável, pode ser considerado como uma coleção de padrões e

especificações para conteúdos pedagógicos baseados em aprendizagem no ambiente Web (ADL, 2007). Assim como os demais padrões abordados anteriormente, seu propósito de criação foi o de maximizar a reusabilidade dos objetos de aprendizagem e possibilitar a interoperabilidade e durabilidade dos objetos e recursos de aprendizagem para as aplicações. Este padrão foi originalmente concebido e instituído pelo *Department of Defense* (DoD), e a *White House Office of Science and Technology Policy* (OSTP).

Diferentemente dos outros padrões, a versão 2004 do SCORM já possibilitava, por exemplo, a integração com padrões tecnológicos, assim como Linux e MySQL.

Para que um modelo de referência como o SCORM seja utilizado, existem três critérios primários norteando sua implementação. Em primeiro lugar ele deve prover instruções de uso que possam ser compreendida pelos desenvolvedores de conteúdo em geral. Além disso ele deve também ser utilizado pela maior quantidade de usuários possível, em especial os usuários que criam os objetos de aprendizagem. Por último, deve permitir que os usuários visualizem como o seu modelo de design instrucional é influenciado pelas demais referências de modelos de outros usuários que os objetos tem em comum.

Em suma, pode-se dizer que o SCORM auxilia na definição de um padrão de tecnologia para sistemas de suporte ao ensino com interface Web. Isso se deve ao fato que seu modelo integra e referencia uma gama de padrões técnicos para suporte e construção desse tipo de aplicativo. Tais padrões são provenientes de várias entidades, assim como *Aviation Industry CBT Committee – AICC*, *IMS* e *IEEE*. Admite-se (ADL, 2007) que esses padrões podem ser agrupados nas seguintes categorias:

- Modelo para Agregação de Conteúdo (*Content Aggregation Model – CAM*): determina conceitos para construção, empacotamento, nomenclatura e pesquisa dos objetos de aprendizagem.
- Ambiente de Tempo de Execução (*Run-Time Environment – RTE*): Trabalha com as necessidades de interoperabilidade entre diversos sistemas de gerenciamento de aprendizado.
- Seqüenciamento e navegação (*Sequencing and Navigation – SN*): Determina a metodologia aplicada na navegação. Afeta como o conteúdo será disponibilizado para visualização.

Para ser definido e difundido melhor como um padrão, o SCORM adaptou as propriedades dos objetos em uma lista de requerimentos funcionais para todo sistema em seu modelo. Tais propriedades são:

- Acessibilidade (*Accessibility*): Habilidade de localizar e acessar componentes de um site remoto, entregando e distribuindo seu conteúdo em muitas outras localidades.
- Adaptabilidade (*Adaptability*): Habilidade de realizar customizações conforme as necessidades dos educandos e das organizações que utilizam os objetos.
- Disponibilidade (*Affordability*): É a habilidade de aumentar a produtividade reduzindo tempos e custos na entrega do conteúdo.
- Durabilidade (*Durability*): Habilidade para o acompanhamento da evolução tecnológica e mudanças, sem retrabalho com relação ao formato do design instrucional.
- Interoperabilidade (*Interoperability*): Habilidade de transpor a utilização de componentes de uma localidade e utilizá-los em outra localidade com configurações de ambiente diferenciadas.
- Reusabilidade (*Reusability*): Possibilidade da incorporação dos componentes instrucionais em múltiplos contextos e aplicações.

Neste capítulo abordaram-se os aspectos teóricos dos objetos de aprendizagem e suas utilizações. Objetos de Aprendizagem serão relevantes no âmbito deste trabalho como um todo, sendo que o objetivo desta proposta é a abordagem dos Objetos de Aprendizagem Adaptativos. Seguindo nessa linha, são necessários alguns conceitos relativos às técnicas adaptativas computacionais. É o que se verá no próximo capítulo.

4 Técnicas Adaptativas

No geral, para a construção de sistemas que levem em consideração as características do usuário como fator que determine a interatividade com o mesmo, supõe-se que haja um levantamento desse usuário final de forma a garantir que o resultado da interação dele com o sistema seja atendido de forma plena. Tenta-se, portanto, fazer com que o resultado dessa interação, gerado pela função heurística (a qual rege a adaptatividade do sistema) apresente sempre pontos de mínimo e máximo dentro de limites previstos. Existem inúmeras técnicas computacionais que podem ser utilizadas na obtenção de tais resultados adaptativos (RUSSELL; NORVIG, 2004). Sempre alguma é relevante para a solução de um problema específico. Conforme dizem Russell e Norvig (2004, p. 674), “o conhecimento a priori é útil em aprendizagem, mas ele próprio também precisa ser aprendido.”, ou seja é interessante também que o sistema interaja com o meio a ponto de aprender através do condicionamento dinâmico com o usuário.

Dentre as variadas técnicas adaptativo-computacionais podem-se destacar algumas que serão abordadas ao longo desse capítulo. Entre as técnicas que podem ser citadas no rol das utilizadas e abordadas no âmbito tanto prático quanto acadêmico tem-se:

- Redes Bayesianas.
- Sistemas Especialistas.
- Sistemas Fuzzy.
- Computação Evolutiva.
- Redes Neurais Artificiais e suas especializações.

Nas próximas páginas, serão, então, descritas cada uma das técnicas levantadas acima e sua possível utilização como forma de adaptatividade de sistemas de especialidades variadas. O escopo da abordagem não será somente tecnicista, mas em alguns casos também abordará as linhas históricas da origem do surgimento de determinada técnica no contexto da Inteligência Artificial.

4.1 Redes Bayesianas

As Redes Bayesianas podem ser consideradas representações em forma de um modelo do conhecimento que trabalham com a incerteza da Teoria da Probabilidade Bayesiana, publicada por Thomas Bayes em 1763 (RUSSEL; NORVIG, 2004).

Thomas Bayes foi um matemático inglês e um pastor presbiteriano (pertencente à minoria calvinista na Inglaterra), conhecido por ter formulado o teorema que carrega seu nome. Seu maior legado (seu teorema) só foi realmente aplicado na computação cerca de dois séculos após sua publicação.

Redes Bayesianas seriam então representações do conhecimento feitas de maneira simbólica - tais representações são moldadas pela lógica matemática formal dos processos adotados pelo teorema. Segundo Marques e Dutra (2006, p.2 apud Charniak, 1991), “a principal vantagem de raciocínio probabilístico sobre raciocínio lógico é o fato de que agentes podem tomar decisões racionais mesmo quando não existe informação suficiente para se provar que uma ação funcionará”.

Na formalização matemática das Redes Bayesianas seus processos incorporam em sua base de conhecimento as probabilidades distribuídas de maneira conjunta através de variáveis aleatórias. Elas são úteis quando se lida com a falta de informação. Isso significa que se pode utilizá-las quando é preciso lidar com incertezas. Dessa forma se torna necessário a utilização de artifícios manipuladores dos níveis de certeza e não apenas valores booleanos, verdadeiro (1) e falso (0).

Para que as situações de incerteza sejam caracterizadas, podem-se utilizar gráficos que representem as relações causais entre eventos. Como exemplo, apresenta-se a seguinte situação hipotética:

Acordo pela manhã, abro a janela de minha casa e vejo que a grama do vizinho está molhada. Imediatamente na minha cabeça vêm duas possibilidades: pode ter chovido durante as primeiras horas da manhã. Porém, estamos no verão e é muito difícil chover no verão pela manhã nessa região onde vivo. A outra possibilidade a ser considerada é que meu vizinho (que geralmente é um homem cuidadoso com as plantas) tenha regado o jardim antes de sair para o trabalho. Mas ontem pela manhã soube que ele viajaria alguns dias. Não sei se ele já está viajando no momento. Definitivamente não tenho certeza de nenhuma possibilidade.

O problema proposto acima, pode ser representado de forma simplificada pelos seguintes eventos: {sim, não} Choveu?, {sim, não} Vizinho molhou a grama?, {sim, não} Chuva matinal no verão?, {sim, não} Gramado molhado?. Sabe-se que o estado Choveu? e

Vizinho molhou a grama? tem impacto direto no estado *Gramado molhado?*, assim como o evento *Chuva matinal no verão?* possui impacto direto no evento *Choveu?*. Tais informações podem ser representadas conforme a figura a seguir:

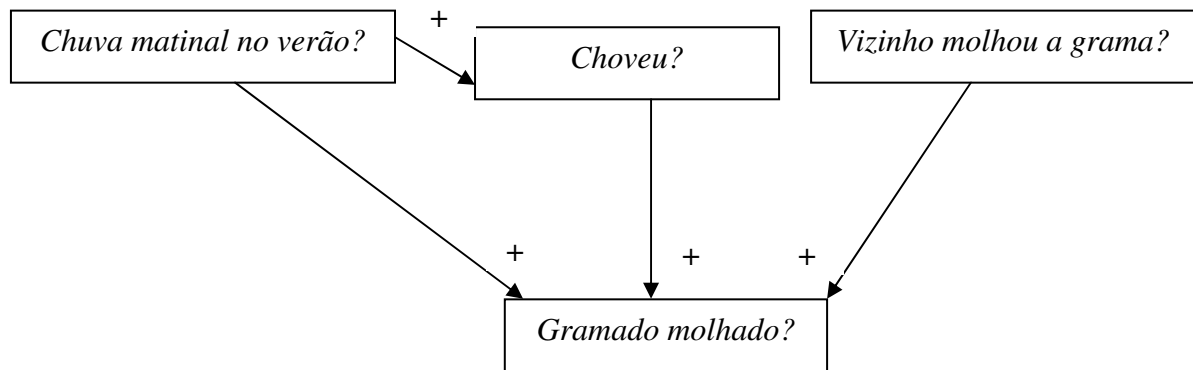


FIGURA 1: REDE DE CAUSALIDADE

Eis, então uma situação onde se pode fazer uso de uma rede de causalidade. Com base no grafo apresentado na figura anterior chega-se a algumas conclusões: obviamente, se é certo que o vizinho tenha molhado a grama, então a certeza de que tenha chovido diminui. Entretanto, a situação a ser analisada é oposta. Sabe-se que o gramado está molhado e deseja-se encontrar o motivo. A suspeita que pode ter chovido diminui se for analisado o fato que a estação do ano corrente é o verão (quando dificilmente chove pela manhã). Dado esse fato que diminui a expectativa que tenha chovido realmente, aumentam as chances que realmente o vizinho tenha regado o gramado. Neste momento é possível se concluir o seguinte: *O problema não parece ser a chuva, então muito possivelmente o vizinho tenha molhado a grama.*

No âmbito prático, as aplicações desse tipo de rede vêm sendo bastante desenvolvidas em sistemas especialistas probabilísticos (principalmente no diagnóstico e prognóstico médico), com a recuperação de informação probabilística (que se utiliza de técnicas computacionais de *data mining*) e a descoberta de conhecimento em bases de dados em geral (RUSSEL; NORVIG, 2004).

Segundo ainda informam os autores, para que as escolhas sejam feitas utilizando-se esse tipo de agente, inicialmente deve-se ter preferências entre possíveis efeitos das ações que são tomadas. Pode-se representar por utilidades (ou *utility* – indicação do nível de utilidade que possui um estado) que quando combinadas com probabilidades, resultam na chamada teoria de decisão.

Então, tem-se o seguinte:

Teoria de Decisão = teoria de probabilidades + teoria de utilidade

Conforme dizem Marques e Dutra (2006), a idéia fundamental dentro da teoria decisão é que um agente é racional se e somente se ele puder decidir qual ação lhe proporciona maior expectativa de utilidade, dado que se tenha ponderado os efeitos das possíveis ações. Segundo eles, o algoritmo para um agente que utilize Teoria de Decisão seria:

```
Função RP-Agente(percepção) retorna ação

{
    Estático: conjunto de sentenças probabilísticas a respeito do problema.

    Calcula novas probabilidades para o estado atual baseado na evidência
    disponível incluindo a percepção atual e a ação anterior;

    Calcula as probabilidades para as possíveis ações, dado a descrição
    das ações e as probabilidades atuais;

    Seleciona a ação com a maior expectativa;

    Retorna ação.
}
```

QUADRO 1: EXEMPLO DE ALGORITMO QUE UTILIZE TEORIA DA DECISÃO

Conforme ainda informam os autores (MARQUE; DUTRA, 2006) foi na década de 90 que se deu início da maior parte das pesquisas realizadas a respeito das redes Bayesianas (embora o teorema que as embasa já exista desde o século XVIII). A partir de então, redes Bayesianas vêm sendo utilizadas para a solução de vários tipos de problemas em diversas áreas de atuação (como reconhecimento de imagens, reconhecimentos de padrões sonoros, por exemplo), principalmente aquelas que possuem bases de dados estatísticas mais detalhadas.

4.1.1 Probabilidades – Axiomas básicos

Segundo informam Russel e Norvig (2004), se forem considerados como exemplo dois eventos aleatórios (A e B), é importante que se utilize, se eles forem de alguma forma relacionados, conectivos como “E” e “OU” (\cap e \cup). Dessa forma, então, $P(A \cap B)$ representa a probabilidade que ambos os eventos ocorram juntos, assim como $P(A \cup B)$ representa a probabilidade dos eventos ocorrerem separadamente, ou seja, que pelo menos um dos eventos ocorra.

De forma básica, podem-se considerar a seguir alguns axiomas de probabilidade:

a) $0 \leq P(A) \leq 1$.

b) $P(A \cup B) = P(A) + P(B)$.

c) $P(A) + P(\bar{A}) = 1$.

d) $P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$ - (Axioma conectando probabilidades de proposições logicamente inter-relacionadas. Em outros termos também pode ser definido como probabilidade de uma disjunção).

Como exemplo, segundo Marques e Dutra (2006), pode-se considerar o seguinte: se existir um dado *Cárie* e este seja uma proposição que indique que um paciente em particular tenha cárie, então, considera-se (aleatoriamente): $P(\text{Cárie}) = 0,1$. Isto quer dizer que, na ausência de outra informação, o sistema assinalará a probabilidade 0,1 ao evento ter cárie.

A partir dos axiomas básicos, ainda, pode-se derivar para alguns fatos úteis, conforme indica Russel e Norvig (2004). Como exemplo, apresenta-se o seguinte, dado pelo axioma acima, letra d:

$$P(A \cup \bar{A}) = P(A) + P(\bar{A}) - P(A \cap \bar{A}) \quad (1)$$

Em se tratando de proposições, pode-se considerar que elas também podem utilizar (se necessário) variáveis aleatórias. Exemplificando esse fato, considera-se por exemplo a

variável Alarme (com relação a estados de calamidade no Brasil). Caso essa variável fosse utilizada, poderia se considerar:

a) $P(\text{Alarme} = \text{Epidemia}) = 0,4$

b) $P(\text{Alarme} = \text{Chuva}) = 0,8$

c) $P(\text{Alarme} = \text{Terremoto}) = 0,1$

Ou seja, dessa forma as variáveis indicam o direcionamento da probabilidade para algum fato.

4.1.2 Probabilidade incondicional

Conforme afirmam Russell e Norvig (2004, p. 455), probabilidade incondicional ou probabilidade *a priori* associada a uma proposição “*é o grau de crença acordado com a proposição na ausência de quaisquer outras informações; ela é representada por $P(a)$.*” Ou seja como, é um valor entre 0 e 1 que determina o quanto de chance determinado evento tem de realmente poder ocorrer. Por exemplo, se a probabilidade *a priori* que afirma que uma pessoa tenha cárie é de 0,1, então se pode escrever:

$$P(\text{Cárie} = \text{verdadeiro}) = 0,1 \text{ ou } P(\text{cárie}) = 0,1$$

Como fato importante a ser ressaltado (RUSSEL; NORVIG, 2006), é válido dizer que $P(a)$ (ou qualquer outra informação de probabilidade incondicional) pode ser usada isoladamente somente quando não se tem nenhuma outra informação. A partir do momento em que alguma informação nova for conhecida, deve-se raciocinar fazendo uso da probabilidade condicional (conforme será visto mais à frente). Para casos onde a variável aleatória assumir uma gama de possibilidades maior do que a booleana, utiliza-se um vetor de valores para as probabilidades de cada estado individual. Pode-se observar isso no exemplo abaixo. Conforme o exemplo descrito, imagina-se que se tenha uma variável aleatória (no caso Faixa Etária) que possa representar até quatro valores:

$$P(\text{Faixa Etária} = \text{Crianças}) = 0,3$$

$$P(\text{Faixa Etária} = \text{Adolescentes}) = 0,7$$

$$P(\text{Faixa Etária} = \text{Adultos}) = 0,5$$

$$P(\text{Faixa Etária} = \text{Idosos}) = 0,2$$

Ao invés dessas quatro igualdades, simplesmente, pode-se escrever:

$$P(\text{Faixa Etária}) = \{0,3, 0,7, 0,5, 0,2\}$$

Dessa maneira pode-se definir uma distribuição de probabilidade incondicional para a variável Faixa Etária.

4.1.3 Probabilidade condicional

Considera-se a probabilidade condicional como a interpretação dada pelo seguinte exemplo: $P(A|B) = 0,4$, ou seja dado que um evento A ocorreu, a probabilidade do evento B ocorrer é 0,4 (MARQUES; DUTRA, 2006).

Conforme se verá mais a frente, o teorema de Bayes, é fundamentalmente baseado em probabilidade condicional (RUSSEL; NORVIG, 2004). Esse teorema, conforme já levantado, dá bases de formação para as regras de adaptatividade das redes bayesianas.

No momento em que a informação sobre as variáveis que constituem o domínio são conhecidas, não se aplicam mais as probabilidades *a priori*. Ao invés disso utilizam-se as probabilidades condicionais.

Tem-se também (em probabilidade condicional) a seguinte regra fundamental:

$P(A|B) = P(A,B) / P(B)$, ou $P(A|B)P(B) = P(A,B)$. Onde $P(A,B)$ é a probabilidade do evento conjunto do evento $A \cap B$.

Por definição tem-se que as probabilidades condicionais podem ser definidas em termos de probabilidades incondicionais. A equação de definição é:

$$P(a|b) = \frac{P(a \cap b)}{P(b)} \quad (2)$$

É importante ressaltar que a equação anterior é válida sempre que $P(b) > 0$. Pode-se escrever essa equação também da seguinte maneira:

$$P(a \cap b) = P(a | b)P(b) \quad (3)$$

Como exemplo disso pode-se usar aleatoriamente a seguinte suposição: se for selecionado ao acaso um aluno da Universidade Mackenzie para se calcular qual a Probabilidade dele estar cursando a disciplina Processos Estocásticos I, uma atribuição razoavelmente viável seria: número de alunos em Processos Estocásticos I / Número de alunos do Mackenzie. Mas no entanto, se existir algum conhecimento prévio sobre qual curso o aluno está matriculado, essa probabilidade aumenta ou diminui. Se no exemplo o curso do aluno for Direito, a probabilidade dele fazer essa disciplina será menor. Se no caso o curso do aluno for Engenharia, a probabilidade será maior.

4.1.4 Conjunção – Probabilidades

Como um adendo às informações sobre probabilidade condicional, pode-se explicar de maneira mais clara com os seguintes dados: imagina-se que se tenha uma variável aleatória qualquer (por exemplo X) com n estados X_1 até X_n . Admite-se sendo $P(X)$ a distribuição de probabilidades para estes estados. Por definição, considera-se que o resultado da soma dos valores de todas as probabilidades sempre seja 1.

Se for considerada a existência de outra variável (Y), com estados variando de b_1 até b_m , então se pode considerar a expressão $P(X|Y)$ como sendo a representação de uma tabela $n \times m$, contendo os valores $P(a_i|b_j)$. Pode-se exemplificar conforme tabela a seguir:

TABELA 1: $P(X|Y)$

	b_1	b_2	b_3
a_1	0,4	0,3	0,6
a_2	0,6	0,7	0,4

Ou também se tem a possibilidade da conjunção de probabilidades para as variáveis A e B , ou $P(A \cap B)$. Ela também pode ser observada como uma tabela $n \times m$, representada pela probabilidade de cada configuração (a_i, b_j) . Ao se aplicar a regra $P(A|B) = P(A \cap B) / P(B)$. Logo,

para as variáveis X e Y na tabela 2, pode-se observar os seguintes valores: (Se for considerado $P(Y) = \langle 0.4, 0.4, 0.2 \rangle$)

TABELA 2: $P(X \wedge Y)$

	b_1	b_2	b_3
a_1	0,16	0,12	0,12
a_2	0,24	0,28	0,08

Sendo que na tabela acima os valores calculados para cada conjunção são baseados na seguinte fórmula: $P(A \cap B) = P(B) * P(A|B)$.

4.1.5 Aprendizagem estatística

Conforme dizem Russell e Norvig (2004, p. 691),

a aprendizagem bayesiana simplesmente calcula a probabilidade de cada hipótese, considerando-se os dados e faz previsões de acordo com ela. Isto é, as previsões são feitas com o uso de todas as suas hipóteses, ponderadas por suas probabilidades, em vez de se utilizar apenas de uma única “melhor” hipótese. Desse modo, a probabilidade é reduzida a inferência probabilística.

Ou seja, se a representação do valor observado for chamada de \mathbf{d} , então a probabilidade de cada hipótese é obtida pela regra de Bayes:

$$P(h_i | d) = \alpha . P(d | h_i) . P(h_i) \quad (4)$$

onde h_i é o percentual individual de cada classe. Agora suponha-se que se deseja fazer uma previsão sobre uma quantidade desconhecida X. Ainda segundo Russell e Norvig (2004), a fórmula seria:

$$P(X | d) = \sum_i P(X | d, h_i) . P(h_i | d) = \sum_i P(X | h_i) . P(h_i | d) \quad (5)$$

4.1.6 Redes Bayesianas – Arquitetura de Rede

Redes Bayesianas são como grafos acíclicos direcionados. Seu ponto de apoio se aplica nas teorias probabilísticas vistas anteriormente. Elas mostram as relações de causalidade entre as variáveis. Nestes grafos, as elipses são as variáveis (atributos) e as ligações representam os relacionamentos de influência entre as variáveis (BORGES; PADILHA, 2005).

A partir dos cálculos estatísticos, cada variável terá uma tabela de valores de probabilidades para que suas possíveis ações sejam realizadas. Assim, na utilização de uma ferramenta de análise de Redes Bayesianas é possível definir hipóteses sobre uma determinada variável, tendo respostas sobre as influências por ela dadas de acordo com as ligações existentes entre as outras variáveis.

Quando se deseja aplicar a regra de Bayes, são necessários três termos: uma probabilidade condicional e duas incondicionais (MARQUES; DUTRA, 2006). Pode-se assim dizer que uma rede bayesiana consiste então do seguinte:

- Um conjunto de variáveis e um conjunto de arcos ligando as variáveis.
- Para cada variável, se tem um conjunto de estados mutuamente exclusivos.
- As variáveis e arcos formam um grafo dirigido sem ciclos
- Para cada variável A que possui como pais B_1 até B_n , existe uma tabela $P(A|B_1)$ até $P(A|B_n)$.

Conforme seguinte exemplo (RUSSEL; NORVIG, 2004), podemos observar a estrutura de uma rede bayesiana. Imagina-se que uma pessoa possua alarme contra ladrões em casa. Em se tratando da detecção de ladrões, esse alarme é, sem dúvida, confiável. Entretanto, ele também pode disparar no caso de algum terremoto ou tremor de terra simples. Imagina-se que os dois vizinhos (João e Maria) prometeram telefonar no trabalho do proprietário da casa caso o alarme dispare. João sempre liga quando ouve o alarme, porém algumas vezes se confunde e quando ouve o som do telefone acaba ligando para o proprietário também. Maria, por outro lado, gosta de ouvir música alta e por vezes não escuta o alarme. Conforme se verá na figura 2 (RUSSEL; NORVIG, 2004), podem-se representar as distribuições condicionais dos dados propostos num problema através de uma rede. Dessa maneira a visualização do

problema e das probabilidades com relação ao grafo fica mais simples. Conforme já dito anteriormente, as Redes Bayesianas servem como um modelo gráfico que representa de forma simples as relações de causalidade das variáveis de um sistema.

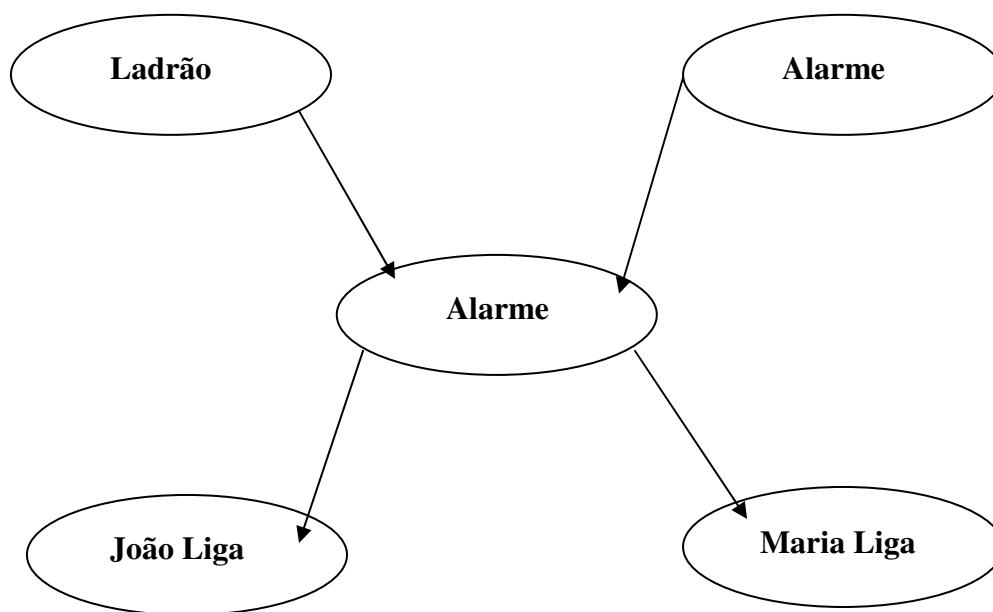


FIGURA 2: REPRESENTAÇÃO DA REDE BAYESIANA EXEMPLIFICADA

Conforme indica a figura anterior, a rede exemplificada não possui nós indicando se Maria está ouvindo música (e não ligará ao proprietário da casa) ou ainda se o telefone de João está tocando (atrapalhando que ele ouça o alarme da casa). Tais informações estão implícitas associadas à incerteza que os arcos Alarme→ JoãoLiga e MariaLiga nos retornam, ou ainda essas informações poderiam também não ser relevantes.

Assim que a topologia de rede for definida, é preciso que se defina também a tabela de probabilidades condicionais (ou CPT – *Conditional Probability Table*) relacionada. Na estrutura dessa tabela, pode-se observar que cada linha representa a probabilidade condicional para cada caso condicional dos nós pais. (MARQUES; DUTRA, 2006). Em se tratando de utilização, as tabelas de probabilidade condicional podem ser melhor consultadas através de ferramentas de análise de Redes Bayesianas. Em ferramentas assim, é possível definir e analisar hipóteses sobre alguma variável (BORGES; PADILHA, 2005).

Na tabela a seguir, pode-se observar uma possível combinação dos valores para os nós pais. Conclui-se, portanto que essas tabelas são a base para a adaptatividade deste tipo de rede. No exemplo a seguir, para a variável aleatória Alarme tem-se:

TABELA 3: TABELA DE PROBABILIDADE CONDICIONAL DO PROBLEMA DO ALARME

Ladrão	Terremoto	P(Alarme Ladrão, Terremoto)	
		Verdadeiro	Falso
Verdadeiro	Verdadeiro	0,95	0,050
Verdadeiro	Falso	0,95	0,050
Falso	Verdadeiro	0,29	0,71
Falso	Falso	0,001	0,999

Conforme explicam Russel e Norvig (2004), as linhas de uma Tabela de Probabilidade Condicional contêm as probabilidades de cada valor de nó para um caso de condicionamento. Um caso de condicionamento é quando se combinam valores possíveis para os nós superiores da rede. A soma das probabilidades de cada linha deve ser igual a 1.

Para variáveis booleanas, uma vez que se sabe que a probabilidade de um valor verdadeiro é p , a probabilidade de um valor falso deve ser $1 - p$.

4.1.7 Construção das Redes Bayesianas

Para se construir redes Bayesianas alguns cuidados devem ser tomados. É necessário que se analise (de certa forma profundamente) o problema para que a tabela de probabilidade condicional do mesmo reflita de forma mais fiel possível à realidade. Pode-se dizer que uma rede bayesiana fornece uma descrição completa do domínio. As entradas, portanto, podem ser calculadas a partir das informações armazenadas na rede. Uma entrada genérica é a probabilidade de conjunções em cada variável que se relacione com a entrada. Dessa maneira, chega-se a um valor para cada entrada calculando-se as mesmas pelo produto de cada elemento relacionado dentro de uma tabela de probabilidade condicional.

O valor dessa entrada é dado (genericamente) pela seguinte fórmula (RUSSEL; NORVIG, 2004):

$$P(X_1, \dots, X_n) = \prod_{i=1}^n P(X_i | \text{pais}(X_i)) \quad (6)$$

Tem-se na equação anterior um significado de definição das redes bayesianas. Porém, mesmo conhecendo tal significado, é necessário que algumas regras de construção sejam demonstradas para um entendimento e domínio maior deste tipo de técnica adaptativa. Dessa forma é possível que a distribuição conjunta resultante seja uma boa representação da realidade. Para a construção da rede é necessário entender que a equação anterior necessita de certos relacionamentos de independência condicional (os quais serão utilizados na construção da topologia da rede). A primeira coisa a se fazer é reescrever a distribuição conjunta em termos de uma probabilidade condicional utilizando-se da regra do produto conforme indica a equação a seguir. Para maiores detalhes sobre a regra do produto, ver Russel e Norvig (2004), Capítulo 13.

$$P(X_1, \dots, X_n) = P(X_n | X_{n-1}, \dots, X_1) \quad (7)$$

Após isso, repete-se o processo reduzindo em cada iteração a probabilidade conjuntiva a uma probabilidade condicional e uma conjunção menor. Termina-se com o seguinte produto:

$$\begin{aligned} P(X_1, \dots, X_n) &= P(X_n | X_{n-1}, \dots, X_1) P(X_{n-1} | X_{n-2}, \dots, X_1) \dots P(X_2 | X_1) P(X_1) \\ &= \prod_{i=1}^n P(X_i | X_{i-1}, \dots, X_1) = P(X_i | \text{Pais}(X_i)), \end{aligned} \quad (8)$$

desde que $\text{Pais}(X_i) \subseteq \{X_{i-1}, \dots, X_1\}$. Ou seja, logicamente os nós pais do elemento corrente do grafo devem ser anteriores a ele.

O que esta última equação apresentada descreve é que a rede bayesiana é uma representação correta do domínio somente se cada nó for condicionalmente independente de seus predecessores na ordenação de nós, dados seus pais. Portanto, conforme informam Marques e Dutra (2006), para que o problema seja bem representado (em termos estruturais da rede) é necessário que em todo nó da rede essa propriedade seja atendida.

Ainda segundo os autores, em linhas gerais, um procedimento para construção de redes bayesianas seria:

1. Escolher um conjunto de variáveis X_i que informe as características de um domínio.
2. Escolher a ordem para as variáveis.

3. Enquanto existir variáveis:
 - a. Escolher uma variável X_i e adicioná-la com um nó na rede.
 - b. Determinar os nós Pais(X_i) dentre os nós que já estejam na rede e que satisfaçam a equação 8.
 - c. Definir tabela de probabilidades condicionais para X_i .

4.2 Sistemas Especialistas

Basicamente dizendo, pode-se considerar que Sistemas Especialistas são softwares que simulam o conhecimento e raciocínio em determinada área (científica, administrativa, técnica, etc.) assim como se fossem profissionais especialistas tratando de um problema em seu domínio de conhecimento. (PEROTTO, 2001).

Conforme diz Keller (1991), o processo de modelagem de tais sistemas é tarefa complexa pois abrange os conhecimentos de uma pessoa sobre aspectos muito restritos e específicos da realidade. Devido a essa especialização nos conhecimentos com relação à solução de problemas, deve haver uma restrição definida, para que o sistema consiga interagir tratando o problema (em todas as possíveis situações de variação do mesmo).

Se for feita uma alusão a um especialista humano, pode-se dizer que este, quando toma alguma decisão sobre determinado assunto, o faz a partir de fatos (sobre algum conhecimento prévio) assim como de hipóteses que formula, tendo acesso a tal conhecimento ao buscar em sua memória a informação necessária. Essa informação pode ter sido armazenada em sua memória durante anos. Desde o período de sua formação acadêmica até o decorrer de sua vida profissional. O especialista tem acesso a essas informações de acordo com seu conhecimento acumulado sobre o assunto. De acordo com esses fatos e hipóteses o profissional emite a decisão.

Conforme explicam também Giarratano e Riley (1998, p. 2) e Jackson (1990), a área de desenvolvimento de Sistemas Especialistas está contida dentro da grande área da Inteligência Artificial. Em outras palavras, o estudo de Sistemas Especialistas é o ramo da Inteligência Artificial que se utilizam de conhecimentos específicos em um nível próximo a um especialista humano.

Com relação à construção de sistemas especialistas, ainda segundo Giarratano e Riley (1998), é particular em seu aspecto o fato que sua modelagem se dá através de um processo que extrai o conhecimento do especialista (as variáveis que considera no raciocínio, a maneira

com que infere através dessas variáveis). Após essa extração, se utiliza esse conhecimento como base para o sistema, que baseado em formalismos previamente definidos, poderá simular o raciocínio do especialista.

Sistemas Especialistas foram primeiramente desenvolvidos nos primórdios dos anos 70. A princípio as primeiras versões deste tipo de software foram criadas para atender a demanda de diagnóstico para manutenção técnica industrial, assim como também ajudando no diagnóstico médico, pois são áreas onde a definição deste tipo de sistema é naturalmente bem adaptável (JACKSON, 1990).

O termo Sistemas Especialistas, Sistemas Baseados em Conhecimento ou ainda Sistemas Especialistas Baseados em Conhecimento são freqüentemente utilizados como sinônimos. A maioria das pessoas usa a expressão “Sistemas Especialistas” pois é o termo mais facilmente utilizável, por ser mais curto.

Conforme se visualiza na figura a seguir, pode-se verificar o conceito básico de um Sistema Especialista baseado em conhecimento. Neste simples esquema percebe-se como funciona (basicamente) a interação do usuário com o sistema:

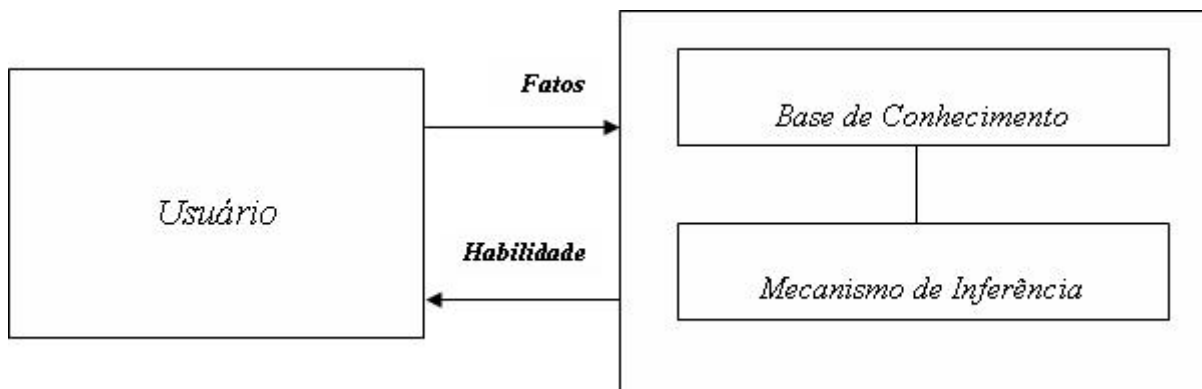


FIGURA 3: FLUXO DE INTERATIVIDADE COM UM SISTEMA ESPECIALISTA

A figura anterior ilustra a interação do usuário com um Sistema Especialista. No caso, o usuário provém fatos ou demais informações ao Sistema Especialista e recebe como resposta alguma habilidade para resolver determinada situação ou mesmo uma informação para a tomada de alguma decisão sobre determinado problema. A base de conhecimento dispõe ao mecanismo de inferência as informações necessárias para que o mesmo chegue a alguma conclusão em determinado caso. Tais conclusões são as respostas que o Sistema Especialista dá a alguma necessidade de informação solicitada pelo usuário.

No geral, todas as vezes que um problema não pode ser traduzido em forma de algum algoritmo, ou até mesmo se sua solução acabar sendo de difícil processamento, podem-se usar

os Sistemas Especialistas como alternativa pois seus mecanismos de inferência são baseados em processos heurísticos. Assim, um Sistema Especialista consegue preservar e transmitir o conhecimento de um especialista humano em uma determinada área. Pode-se concluir, então, que esse tipo de sistema consegue manter a qualidade de resultado de um especialista humano, porém com a vantagem do mesmo não ser influenciado por fontes ou problemas externos. Ou seja, para condições muito parecidas, deverá fornecer sempre o mesmo conjunto de decisões.

Conforme descreve Jackson (1990), Sistemas Especialistas se diferem unicamente de outros sistemas convencionais, devido às seguintes características:

- Eles simulam o raciocínio humano sobre o domínio de um problema ao invés de simplesmente simular esse domínio. Isso distingue os Sistemas Especialistas de outros recursos que envolvem modelos matemáticos. Significa então que conseguiria obter um desempenho tão bom ou melhor que um especialista humano.
- Eles baseiam seu raciocínio através de representações do conhecimento humano. O conhecimento dentro do programa normalmente é expresso através de uma linguagem de representação e é mantido separado do código que executa o raciocínio. Esses módulos do programa separados são comumente chamados de base de conhecimento ou *knowledge base* e motor de inferência ou *inference engine*, respectivamente.
- Eles resolvem os problema por funções heurísticas ou métodos de aproximação, os quais diferentemente de soluções algorítmicas, não são métodos que chegam necessariamente à solução. Uma heurística é essencialmente uma regra de domínio a qual codifica um pedaço do conhecimento sobre como resolver um problema em determinado domínio.

No caso de uma comparação com outras técnicas adaptativas de Inteligência Artificial, as diferenças são as seguintes:

- Eles trabalham com problemas de realidade complexa que normalmente necessitariam de um vasto conhecimento de um especialista humano. Muitos programas de Inteligência Artificial são verdadeiros veículos de

pesquisa e podem conseqüentemente focar num problema matemático abstrato ou versões simplificadas de problemas do mundo real. Fazem isso, por vezes, para refinar sua técnica somente. Já Sistemas Especialistas, por outro lado, resolvem, na maioria das vezes, problemas de interesse genuinamente científico ou comercial.

- Eles devem possuir alta performance (em termos de velocidade e confiabilidade) para que possam ser uma ferramenta utilizável. Os veículos de pesquisa de Inteligência Artificial podem não ser exatamente tão rápidos na execução, assim como podem conter erros, pois são programas e não softwares com uma equipe corporativa que os suporte. Porém, Sistemas Especialistas devem propor soluções corretas com uma performance razoável na maior parte do tempo.
- Sistemas Especialistas devem ser capazes de explicar e justificar suas soluções e recomendações para convencer o usuário que seu raciocínio está de fato correto. Programas utilizados em pesquisas de Inteligência Artificial são tipicamente só executados por seus criadores ou por outra pessoa em um laboratório similar. Um Sistema Especialista será executado por uma gama bem maior de usuários e deve conseqüentemente ser projetado de um modo que suas execuções e resultados dela sejam preferivelmente transparentes ao usuário.

Conforme informam também Giarratano e Riley (1998), um Sistema Especialista possui uma estratégia de controle. Esta pode ser exemplificada pelos seguintes itens:

- Raciocínio para frente (*bottom-up*) – se aplicam operadores sobre as estruturas na base de dados as quais descrevem a situação do domínio de uma tarefa para produzir uma situação modificada.
- Raciocínio para trás (*top-down*) – se aplicam de operadores sobre as metas para que se possa reduzi-las às submetas. A combinação dos dois raciocínios também é possível.

Perotto (2001), ainda esclarece que, a modelagem é importante na concepção dos Sistemas Especialistas, pois todo o poder de conhecimento deriva dela. Por isso existem várias pesquisas que visam o desenvolvimento de formalismos para que as estruturas complexas de raciocínio possam ser modeladas de maneira simples.

4.2.1 Conceitos Gerais e Formalismos

O conhecimento em um sistema especialista pode ser representado de variadas formas. (GIARRATANO; RILEY, 1998). Podem estes, então serem encapsulados em forma de regras e objetos. Um método comum da representação do conhecimento é na forma de formalismos do tipo “SE...ENTÃO”. Reforçando essa idéia, Perotto (2001) diz que são as regras de produção os artifícios e formalismos mais simples utilizados para a modelagem do conhecimento. Segundo o autor, ainda, esse tipo de técnica foi utilizada com sucesso por sistemas especialistas na década de 70. O sucesso deve-se ao fato de que quando se possuem várias regras de produção encadeadas é possível se estruturar um modelo de raciocínio mais complexo, pois as conclusões de uma regra podem servir como premissa para outra.

A seguir, pode-se verificar um exemplo de regra de produção de um sistema Especialista da área de educação que defina um perfil (parcial) de um aprendiz:

<p>Se: <aluno já toca algum instrumento>, e <aluno possui algum conhecimento teórico musical>, e <instrumento tocado for piano></p> <p>Então <aplique objeto de aprendizagem X></p> <p>Senão <aplique objeto de aprendizagem Y></p>
--

QUADRO 2: EXEMPLO DE UMA REGRA DE UM SISTEMA ESPECIALISTA PEDAGÓGICO

Conforme ainda informam Giarratano e Riley (1998), muitos sistemas pequenos que atendem tarefas específicas, foram construídos com várias centenas de regras. Tais sistemas podem não ser tão eficientes como um *expert* humano, porém são projetados para se utilizar da vantagem da tecnologia de Sistemas Especialistas para fazerem tarefas que necessitem de um bom conhecimento (porém não tão profundo).

Um fato a ser observado é que a modelagem de um Sistema Especialista se utilizando somente de regras de produção torna-se pouco estruturada e por conseqüência insuficiente. É possível, porém modelar de maneira híbrida um Sistema Especialista. Em outras palavras isso significaria a junção de mais de uma técnica adaptativa na solução de um problema. Complementando essa informação, Perotto (2001) afirma que as técnicas probabilísticas de modelagem de conhecimento começaram a ser mais utilizadas no final da década de 1980, com o aparecimento das Redes Bayesianas.

Através, então, de modelagem matemática estatística, pode-se chegar a uma melhor utilização das variáveis de entrada de um sistema especialistas. É interessante se perceber, porém, que o motor de inferência de um Sistema Especialista trabalhando com os formalismos de uma rede bayesiana pode otimizar a implementação assim como deixar o modelo melhor estruturado (PEROTTO, 2001).

Na verdade, um software que implemente redes bayesianas, trabalha naturalmente como um Sistema Especialista, pois seu raciocínio faz inferência de acordo com o conhecimento que se tem (domínio) baseado nas evidências fornecidas na interação com o usuário.

Em se tratando de Sistemas Especialistas probabilísticos, pode-se dizer que são modelados utilizando-se dos conceitos matemáticos e estatísticos, tanto para a montagem de Redes de Diagnóstico, assim como Redes Causais, ou ainda Redes Mistas. Considera-se que Redes de Diagnóstico respondam com um diagnóstico baseadas em suas entradas. Nas Redes Causais o usuário diz qual é o diagnóstico e o sistema responde as possíveis causas. As Redes Mistas combinam essas duas características.

Nesta seção, foi dada uma abordagem geral deste tipo de técnica adaptativa. É importante lembrar que o intuito deste capítulo é o esclarecimento de algumas técnicas que podem ser utilizadas no apoio à implementação de sistemas inteligentes, porém sem se aprofundar totalmente na implementação de cada uma (o que se tornaria cansativo ao leitor, por não ser esse o escopo do trabalho). A seguir será apresentada mais uma técnica adaptativa: os Sistemas Fuzzy.

4.3 Sistemas Fuzzy

Quando se fala em Lógica Fuzzy ou Sistemas Fuzzy, basicamente se forma como primeira idéia a seguinte funcionalidade: apoio e modelagem matemática a um problema onde

nem sempre uma resposta binária é a solução. Suportando essa idéia, Tanscheit (2007) afirma que, esse tipo de Sistema traduz em modelos matemáticos a imprecisão de alguns problemas reais. Se as regras do sistema puderem ser modeladas como um conjunto de regras da forma se ... então, um algoritmo de computador, portanto, pode ser implementado. O resultado disso é um sistema baseado em regras de inferência.

Complementando como explicação da utilização da Lógica Fuzzy, tem-se a idéia de Nguyen e Walker (2000), dizendo que com o sucesso dos Sistemas Especialista e do controle de automações através de sistemas inteligentes, se construiu o conceito da lógica Fuzzy como ferramenta de suporte. Segundo ainda os autores, os elementos matemáticos que formam a base dos conceitos Fuzzy já existiam há muito tempo, porém só foram realmente aplicados e explorados graças ao crescente desenvolvimento de softwares que explorem essa busca (através de conceitos matemáticos específicos) baseada em variáveis nem sempre binárias. Até o desenvolvimento deste tipo de aplicação não havia tanta razão para o estudo aplicado de tais teorias matemáticas. Mas devido à importância cada vez maior desse tipo de sistema tornou-se importante também o estudo de sua teoria matemática e de seus modelos.

Em termos históricos, o modelo matemático dos conceitos Fuzzy foi apresentado em 1965 com o objetivo de fornecer ferramentas matemáticas para o tratamento de informações de caráter impreciso ou vago. Hoje em dia ele é aplicado em variados tipos de aplicações. Dentre os quais, pode-se citar:

- Sistemas Especialistas.
- Computação com Palavras
- Raciocínio Aproximado.
- Linguagem Natural.
- Controle de Processos.
- Robótica.
- Modelagem de Sistemas Parcialmente Abertos.
- Reconhecimento de Padrões.
- Processos de Tomada de Decisão (*decision making*).

4.3.1 Teoria matemática – Conjuntos Fuzzy

Segundo Tanscheit (2007), de acordo com a teoria clássica de conjuntos, tem-se que o conceito de pertinência de um elemento a um conjunto é bem definido. Por exemplo, dado um conjunto qualquer A em um universo X , os elementos que fazem parte deste universo simplesmente pertencem ou não àquele conjunto, podendo essa afirmação ser expressa formalmente pela seguinte função característica f_A :

$$f_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{se e somente se } x \in A \\ 0 & \text{se e somente se } x \notin A \end{cases} \quad (9)$$

Tanscheit (2007), Zadeh e Kacprzyk (1999) afirmam que se pode generalizar a função característica de maneira que a mesma possa assumir um número infinito de valores no intervalo entre 0 e 1. Dessa maneira, um conjunto Fuzzy A em um universo X é definido por uma função de pertinência $\mu_A(x): X \longrightarrow [0,1]$ e representado por um conjunto de pares ordenados:

$$A = \{\mu_A(x) / x\} \quad x \in X \quad (10)$$

No caso, $\mu_A(x)$ demonstra o quanto x é compatível com o conjunto A . É importante observar que um elemento pode pertencer a mais de um conjunto Fuzzy com diferentes graus de pertinência.

Tecnicamente, para o conjunto daqueles elementos do universo X onde $\mu_A(x) > 0$ dá-se o nome de conjunto suporte. Um conjunto Fuzzy que possua um único ponto x' com $\mu_A(x') = 1$ pode ser chamado de conjunto Fuzzy unitário ou *singleton*.

Em termos de definição, um conjunto Fuzzy pode ser definido como contínuo ou discreto. Se o universo X for discreto e finito, o conjunto Fuzzy pode ser representado:

- Por um vetor contendo os graus de pertinência no conjunto A dos elementos correspondentes de X .
- Pela seguinte notação matemática. Um detalhe a ser observado é que a mesma não deve ser confundida com uma soma algébrica:

$$\sum_{i=1}^n \mu_A(x_i) / x_i \quad (11)$$

Se o universo de X for um conjunto contínuo, geralmente é usada a seguinte notação (onde se interpreta o símbolo da integral da mesma maneira que o da soma num universo discreto):

$$\int_X \mu_A(x) / x \quad (12)$$

Há várias maneiras de se modelar uma função de pertinência (NGUYEN; WALKER, 2000). Conforme informa também Tanscheit (2007, p. 5), “As funções de pertinência podem ter diferentes formas, dependendo do conceito que se deseja representar e do contexto em que serão utilizadas”. A seguir, podem-se observar os conceitos da lógica Fuzzy modelando uma função chamada “jovem”. Por exemplo, aos olhos de um adolescente, o modelo poderia ser o seguinte:

$$Y(x) = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & \text{se } x < 25 \\ \frac{40-x}{15} & \text{se } 25 \leq x \leq 40 \\ 0 & \text{se } 40 < x \end{array} \right\} \quad (13)$$

Modelando graficamente obtém-se o seguinte resultado:

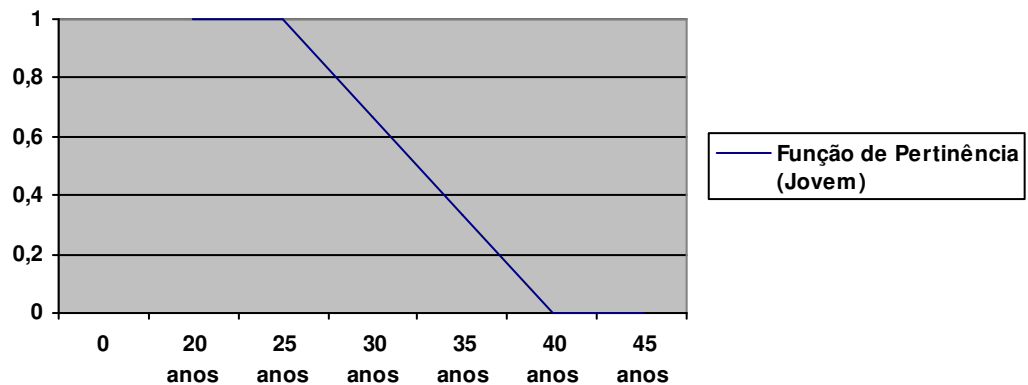


GRÁFICO 1: FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA PARA A DEFINIÇÃO “JOVEM” (DESENHADA PELA FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA 1)

Já se, por exemplo uma pessoa mais velha modelasse o mesmo problema, sua função de pertinência poderia assumir um perfil de modelagem diferente, assim como o seguinte:

$$Y(x) = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & \text{se } x < 40 \\ \frac{80-x}{40} & \text{se } 40 \leq x \leq 60 \\ \frac{70-x}{20} & \text{se } 60 \leq x \leq 70 \\ 0 & \text{se } 70 < x \end{array} \right\} \quad (14)$$

A qual se também fosse modelada graficamente desenharia o seguinte gráfico:

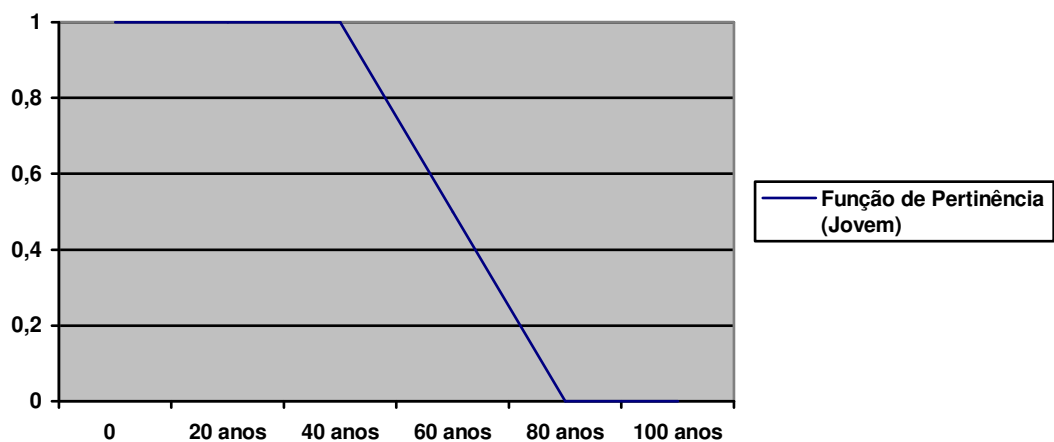


GRÁFICO 2: FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA PARA A DEFINIÇÃO “JOVEM” (DESENHADA PELA FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA 2)

Dessa forma observa-se o mesmo tipo de função de pertinência modelado por dois pontos de vista distintos.

Outro conceito relevante a ser apresentando são as variáveis lingüísticas. Na verdade, variáveis lingüísticas nada mais são que variáveis cujos valores são nomes de conjuntos Fuzzy. Como exemplo, pode-se ter a altura de um rol de pessoas como uma variável lingüística assumindo como baixa, mediana e alta, ou ainda pode-se definir com um nome cada grupo formado pelas funções de pertinência vistas anteriormente. Cada grupo seria uma variável lingüística. Como principal função das variáveis lingüísticas tem-se o fornecimento de uma maneira sistemática para uma caracterização aproximada de fenômenos complexos ou mal definidos. Em suma, a utilização do tipo de descrição lingüística empregada por seres humanos, e não de variáveis quantificadas, permite o tratamento de sistemas que são muito complexos para serem analisados através de termos matemáticos convencionais.

Na sua definição, uma variável lingüística é caracterizada por uma quintupla $(N, T(N), X, G, M)$, onde:

- N : Nome da variável.
- $T(N)$: conjunto de termos de N , ou seja, o conjunto de nomes dos valores lingüísticos de N .
- X : universo do discurso.
- G : regra sintática para se gerar os valores de N como uma composição de termos de $T(N)$, conectivos lógicos, modificadores e delimitadores.
- M : regra semântica para associar a cada valor gerado por G , um conjunto Fuzzy em X .

4.3.2 Relações Fuzzy

Relações Fuzzy são expressões da presença ou ausência de ligações entre dois conjuntos. Quando existe certa interdependência ou algum tipo de ligação entre dois conjuntos, ou seja, dados dois universos X e Y , a relação R definida em $X \times Y$ é um subconjunto do produto cartesiano de dois universos, de tal forma que $R: X \times Y \rightarrow \{0,1\}$. Em outras palavras pode-se dizer que se algum $x \in X$ e $y \in Y$ estiverem relacionados, $R(x,y) = 1$; senão $R(x,y) = 0$ (TANSCHHEIT, 2007). Esta notação pode ser expressa da seguinte forma:

$$f_R(x) = \begin{cases} 1 & \text{se e somente se } (x, y) \in R \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (15)$$

Complementando essa idéia, Ross (2004), afirma que se o tipo de universo analisado forem universos infinitos, por exemplo, as relações podem ser demonstradas de maneira analítica. Para universos finitos e discretos, utiliza-se uma forma tabular para expressá-los. A essa última forma, dá-se o nome de matriz relacional, cujos elementos são zero ou um.

Conforme também informa Tanscheit (2007, p. 10) as

relações fuzzy generalizam o conceito de relações e representam o grau da associação entre elementos de dois ou mais conjuntos fuzzy. Exemplos de caráter lingüístico seriam: x é *muito maior* do que y , x está *próximo* de y . Formalmente, dados dois universos X e Y , a relação fuzzy R é um conjunto fuzzy em $X \times Y$, caracterizada por uma função de pertinência $\mu_R(x, y) \in [0,1]$, onde $x \in X$ e $y \in Y$.

Em outras palavras, relações fuzzy são cruzamentos comparativos com elementos de conjuntos distintos.

Por exemplo, admite-se por exemplo um conjunto qualquer $X = \{x_1, x_2\} = \{\text{AlunoSP}, \text{AlunoBA}\}$, assim como um conjunto qualquer $Y = \{\text{Vive em São Paulo}, \text{Possui conhecimento musical}, \text{Toca algum instrumento}\}$. Entre esses dois conjuntos, se estabelece a relação R “possui”. Num caso ordinário, poderia se estabelecer esta relação pela função característica $f_R(x, y)$, através da seguinte matriz relacional:

TABELA 4: MATRIZ RELACIONAL DA RELAÇÃO X X Y

		y ₁	y ₂	y ₃
		Vive em São Paulo	Possui conhecimento musical	Toca algum instrumento
x ₁	AlunoSP	1	1	1
x ₂	AlunoBA	0	1	0

Analisando os dados da tabela (ordinal) anterior, conclui-se que a mesma é útil para se estabelecer comparativos entre conjuntos. Porém como o domínio de resposta é um dado de característica binária, sua aplicabilidade se limita, pois não se consegue estabelecer com tal matriz relacional um nível comparativo diferente de “possui” ou “não possui”.

Nesse ponto a relação Fuzzy pode ser de maneira mais prática aplicada a dois conjuntos distintos, assim conforme indica a relação Fuzzy a seguir dada pela função de pertinência $\mu_R(x, y)$:

TABELA 5: FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA

		y ₁	y ₂	y ₃
		Vive em São Paulo	Possui conhecimento musical	Toca algum instrumento
x ₁	AlunoSP	0,9	0,7	0,8
x ₂	AlunoBA	0	0,6	0,2

Conforme se verifica na tabela apresentada, utilizando-se de uma função de pertinência é possível que a resposta da função seja apresentada não como uma informação binária, e sim como um dado onde uma gradação relativa entre os elementos seja possível.

Nesta seção, apresentaram-se algumas poucas vertentes e técnicas no que diz respeito à implementação e modelagem de Sistemas Fuzzy. Na próxima seção, será apresentada mais uma técnica das selecionadas para este capítulo: a Computação Evolutiva.

4.4 Computação Evolutiva

Se analisada a grande área da Inteligência Artificial como um todo, pode-se considerar que a Computação Evolutiva ainda é um embrião comparado com os avanços já obtidos através de outras técnicas adaptativas (TOMASZ, 2006). Ela baseia as soluções de problemas num novo paradigma de pensamento inspirado na Seleção Natural. Entenda-se também por CE qualquer referência futura feita sobre Computação Evolutiva.

Estão dentro das linhas da CE as técnicas de busca e otimização inspiradas na evolução natural das espécies. Os melhores sobrevivem e transferem suas características a novas gerações.

Um ponto que merece destaque é dizer que a CE se destina, predominantemente, à resolução de problemas que são modelados como problemas de otimização (TOMASZ, 2006). Podem-se caracterizar problemas de otimização por dois itens. São eles: o espaço de busca (ou grafo de soluções possíveis) e o critério, ou função objetivo (a qual fornece informação para guiar a busca dentro desse determinado espaço).

Em termos de técnicas que podem ser utilizadas dentro da CE, a linha dos algoritmos genéticos ocupa um espaço considerável. (POZO et al., 2007). Miranda (2007) também informa que,

os algoritmos genéticos são uma família de modelos computacionais inspirados na evolução, que incorporam uma solução potencial para um problema específico numa estrutura semelhante a de um cromossomo e aplicam operadores de seleção e "cross-over" a essas estruturas de forma a preservar informações críticas relativas à solução do problema. Normalmente os AG's são vistos como otimizadores de funções, embora a quantidade de problemas para o qual os AG's se aplicam seja bastante abrangente.

Os Algoritmos Genéticos podem ser considerados como elementos de pesquisa de base dentro da CE (TOMASZ, 2006). Historicamente, a primeira idéia de um algoritmo genético foi imaginada em 1960 por John Holland. Ele tinha como objetivo inicial o estudo de fenômenos relacionados à adaptação das espécies e da seleção natural no mundo biológico, assim como adaptar e incorporar essas técnicas naturais através de sistemas computacionais (POZO et al., 2007).

A vantagem da utilização deste tipo de algoritmo está intimamente relacionada à simplificação que elas permitem na formulação, assim como na solução de problemas de otimização. Tipo de Algoritmos Genéticos mais simples geralmente trabalham com suas entradas formadas por cadeia de bits de um tamanho fixo. Tipos mais complexos podem manipular cadeia de bits de tamanho variável. O diferencial do uso de Algoritmos Genéticos está no fato que eles possuem um paralelismo implícito (que ocorre devido à avaliação que o mesmo faz a cada uma das cadeias de bits de entrada de maneira independente) que pode avaliar a viabilidade da utilização dos parâmetros de entrada na solução do problema de otimização em questão. Conforme informam Russel e Norvig (2004), esse tipo de algoritmo é indicado para problemas onde se necessita de uma complexidade de solução maior, assim como problemas NP-Completo, como o do Caixeiro viajante. Nesse tipo de problema um número maior de variáveis é envolvido e por consequência a solução se dá através de um espaço de busca baseado em um grafo mais complexo. Além disso, esse tipo de técnica adaptativa pode ser utilizada em conjunto com outras técnicas procurando sempre uma otimização da busca pelo resultado de um problema. Algoritmos genéticos também têm como vantagem o fato de serem numericamente mais robustos, não sofrendo por erros de arredondamento no que diz respeito a seus resultados finais. A seguir pode-se observar um exemplo de fluxo genérico de um algoritmo genético:

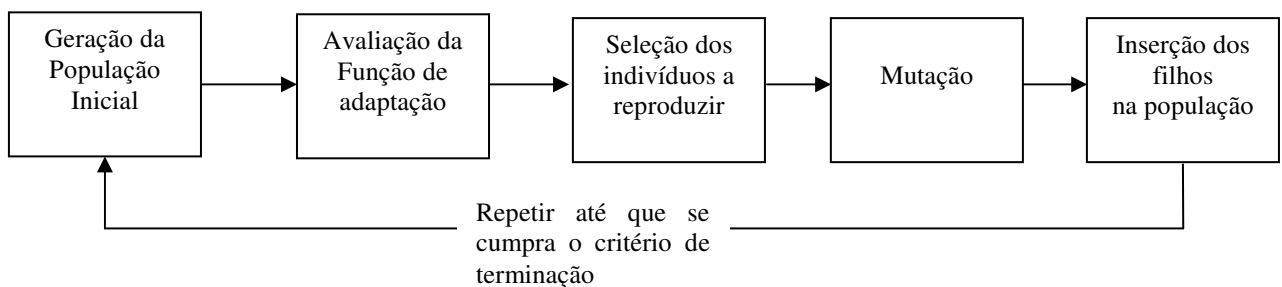


FIGURA 4: FLUXO DETALHANDO FUNCIONAMENTO DE ALGORÍTMO GENÉTICO

Conforme se detalha na figura anterior, algoritmos genéticos funcionam basicamente adaptando e transformando informações iniciais de acordo com uma regra pré-definida. É com base na transformação através de regras que os algoritmos genéticos trabalham. Pozo et al. (2007) complementa essa informação afirmando que a idéia principal de um algoritmo genético é de encarar as soluções de um problema como indivíduos de uma população, que irá evoluir a cada geração.

Com base ainda nas palavras dos autores, pode-se afirmar que ao se executar um algoritmo genético, ele realiza (conforme visto no fluxograma anterior) alguns passos pré-definidos. Primeiramente ele elege a população inicial, a qual normalmente é formada por indivíduos selecionados de maneira aleatória. Depois, o sistema avalia na sua população de indivíduos de acordo com algum critério pré-definido (o qual é definido por uma função que faz uma avaliação da qualidade do indivíduo). Esta função pode ser chamada de função de aptidão ou *fitness*. Após isso, de acordo com um operador de seleção os indivíduos de melhor valor (escolhido através da função *fitness*) são escolhidos como base para se criar um novo conjunto de soluções que também pode ser chamado de nova geração. A criação desta nova geração baseia-se basicamente nas misturas de suas características (chamadas genes), através de operadores que executam o cruzamento (ou *crossover*) e a mutação. O algoritmo, então, repete esses passos até que um número determinado de passos seja atingido, até que seja encontrada uma solução aceitável, ou ainda até que o algoritmo não consiga mais melhorar a solução já encontrada.

Algoritmos Genéticos, complementando o que já foi comentado anteriormente, são simuladores de processos da natureza. Aludindo a esse ponto pode-se comentar que na natureza os indivíduos de uma mesma população competem entre si buscando principalmente sua sobrevivência e de sua espécie. Para isso estão sempre em busca de alimentos, e se reproduzem sistematicamente. Aqueles indivíduos que forem mais aptos terão um número maior de descendentes. Dessa maneira, esse tipo de algoritmo consegue minimizar o tempo de programas de busca (que tenha uma diversidade enorme de soluções) em diversos campos. Completando essa idéia, Mitchell (1998) afirma isso ao dizer que para os pesquisadores da computação evolutiva, os mecanismos da evolução parecem muito bem utilizados para a maioria dos problemas computacionais em diversas áreas. Muitos problemas computacionais requerem uma busca em um número muito grande de soluções possíveis.

Ao se implementar um algoritmo genético, alguns requisitos básicos são necessários (POZO et al., 2007). Dentre eles pode-se citar:

- Devem-se representar as soluções prováveis de um sistema através de um código genético.
- Deve haver uma população inicial que permita que o algoritmo possa combinar características, produzindo assim novas soluções.
- É necessária a existência de algum método para aferição da qualidade de uma determinada solução em potencial.
- Também necessário um método que combine as soluções e gere novos indivíduos, ou seja é necessário um método de mutação.
- Deve existir um critério na escolha das soluções que ficarão ou que serão retiradas da população.
- É preciso que exista um procedimento que introduza de maneira periódica as alterações em algumas soluções da população. Isso possibilita ao sistema criar soluções inovadoras para serem avaliadas pelo critério de seleção dos mais habilitados, além de manter a diversidade da população.

4.4.1 Seleção da População

Conforme já explicado, em determinado momento dentro da interação de um algoritmo genético é necessário que o mesmo eleja elementos dentro da população que serão, de alguma maneira, transformados e modificados (em outras palavras serão evoluídos). Para realizar tal seleção existem vários métodos que selecionam os indivíduos sobre os quais os algoritmos genéticos serão aplicados (POZO et al., 2007). Entre eles pode-se citar o método de seleção por Roleta e o método de seleção por Torneio.

No método de seleção por Roleta, a idéia é imaginar uma roleta de jogos dividida em várias partes. Cada indivíduo da população (dependendo do seu nível de aptidão) é representado por uma parte da roleta. Se um indivíduo for mais apto que os demais, este recebe uma porção maior da roleta. Para os indivíduos menos aptos, é dada uma porção menor da mesma. A figura a seguir ilustra melhor a divisão dos elementos desse método:

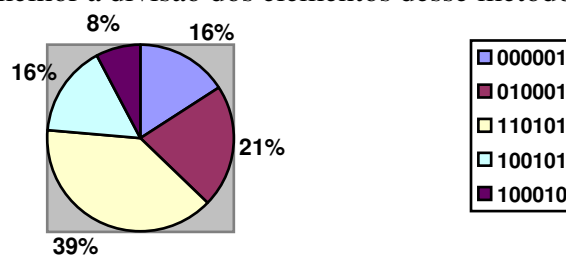


FIGURA 5: MÉTODO DE SELEÇÃO POR ROLETA

Neste tipo de seleção o método necessita duas passagens por todos os indivíduos da população (MITCHELL, 1998).

A seguir, pode-se verificar um exemplo deste método implementado através de um pseudocódigo:

```
Inicio
  T = soma dos valores de aptidão de todos os indivíduos da população
  Repita N vezes para selecionar n indivíduos
    r = valor aleatório entre 0 e T

    Percorra sequencialmente os indivíduos da população, acumulando
    em S o valor de aptidão dos indivíduos já percorridos

    Se S >= r então
      Selecione o indivíduo corrente
    Fim se
  Fim Repita
Fim
```

QUADRO 3: PSEUDOCÓDIGO REPRESENTANDO O MÉTODO DE SELEÇÃO POR ROLETA

Segundo também esclarece Pappa (2002), outro método de seleção (conforme já informado) é o denominado seleção por torneio. Nesse tipo de seleção não se atribui de forma explícita probabilidade aos indivíduos. Através deste tipo de seleção, $k \geq 2$ indivíduos (onde k é denominado tamanho do torneio) são escolhidos aleatoriamente a partir da população atual, e suas funções de avaliação comparadas. Aquele indivíduo com melhor valor da função de avaliação é então selecionado para reprodução.

O valor de k é definido pelo usuário. Quanto maior o valor de k , maior a velocidade com que os indivíduos mais fortes dominam a população, causando a extinção dos mais fracos.

A seguir pode-se verificar também um exemplo deste tipo de seleção (Mitchell, 1998):

```
Inicio
  k = 0.75
  Repita N vezes
    Escolha 2 indivíduos da população aleatoriamente
    r = valor aleatório entre 0 e 1
    Se r < k
      O melhor indivíduo é escolhido
    Senão
      O pior indivíduo é escolhido
    Fim se
  Fim Repita
Fim
```

QUADRO 4: PSEUDOCÓDIGO REPRESENTANDO O MÉTODO DE SELEÇÃO POR TORNEIO

4.4.2 Operadores Genéticos

Podem ser considerados Operadores Genéticos aqueles artifícios da CE que transformam e mudam uma população através de uma sucessão de gerações. É através dos operadores genéticos que a entrada de um sistema (que faça uso da CE como ferramenta de solução de algum problema) pode ser diversificada até que evolua a uma solução viável de ser utilizada.

Os operadores genéticos podem ser basicamente de dois tipos diferentes: cruzamento e mutação.

No operador de cruzamento dois indivíduos de entrada (denominados pais) trocam material genético, formando assim novos indivíduos. Há uma probabilidade razoável de que os indivíduos reproduzidos sejam melhores que seus pais.

Segundo Pappa (2002) duas formas normalmente utilizadas de cruzamento são o cruzamento de um ponto e o cruzamento uniforme. Conforme explica a autora, a forma mais simples de cruzamento é o cruzamento de um ponto. De acordo com esse método, um ponto do cromossomo é sorteado aleatoriamente, e a troca de material genético é feita na região à direita do ponto escolhido. Já no cruzamento uniforme, cada gene do cromossomo (indivíduo) pode ser trocado de acordo com uma probabilidade fixa p . Quanto maior o valor de p , maior o número de genes trocados entre dois pais.

Diferentemente do cruzamento, Pozo et al. (2007) explica como funciona o processo de mutação, informando que ao se utilizar o processo de mutação, algumas características do indivíduo são modificadas de maneira aleatória. Para isso, cria novos valores das características que não existiam ou apareciam em pequena quantidade na população em análise. A necessidade do operador de mutação é explicada devido ao fato que é necessário a manutenção da diversidade genética da população. A taxa de desenvolvimento do operador de mutação é geralmente pequena.

Ou seja, no processo de mutação (diferentemente do processo de cruzamento) existe uma aleatoriedade na formação de novos indivíduos. Esse processo trabalha em conjunto com o cruzamento, ajudando mais na diversificação dos novos indivíduos e trabalhando assim para a evolução dos mesmos.

Nesta seção, abordou-se de maneira informativa básica o tema sobre CE e alguns de seus aspectos. Na próxima seção (última do capítulo) será dada ênfase ao tema de maior relevância para este trabalho: as Redes Neurais.

4.5 Redes Neurais Artificiais

4.5.1 Visão Geral

Pode-se considerar que as primeiras informações mencionadas sobre neuro-computação vêm de primórdios da década de 40 (RUSSELL; NORVIG, 2004), escritas em artigos do neurofisiologista McCulloch e do matemático Walter Pitts. Neles, era sugerida a construção de uma máquina ou dispositivo que se inspiraria no cérebro humano (este que é considerado o mais poderoso e fascinante processador baseado em carbono existente). No cérebro, assim como numa rede neural artificial a comunicação entre os neurônios é feita por um processo onde estímulos são transmitidos de um elemento a outro da rede. No sistema nervoso central isso ocorre através de diferentes concentrações de Na⁺ (Sódio) e K⁺ (Potássio). O resultado de tal comunicação se estende a todo corpo humano, onde um sistema altamente complexo de neurônios é distribuído. Entre esses neurônios celulares a comunicação é feita através de impulsos elétricos temporais. Aquele neurônio transmissor do impulso pode controlar a frequência dos mesmos (CARDOSO, 1999).

Tratando-se de arquiteturas computacionais, redes neurais artificiais são sistemas baseados numa aproximação à computação pautada em nós interligados em uma rede, apresentando uma modelagem inspirada nesse funcionamento do cérebro humano (FAUSETT, 1994). A Figura 6 exibe um modelo simplificado de uma rede neural.

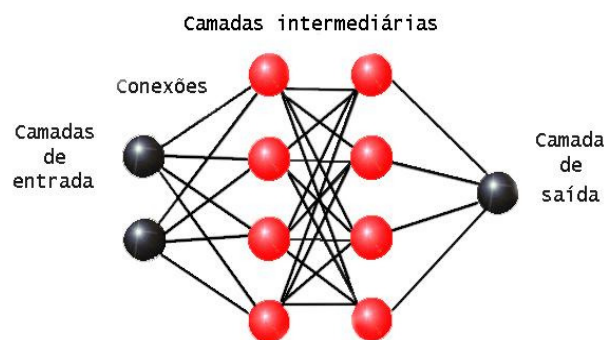


FIGURA 6: UMA REDE NEURAL

Redes neurais artificiais são compostas de nós simples (ou neurônios) no sentido que seu estado pode ser descrito por números, ou seus valores de ativação. Cada nó gera uma saída baseada em sua ativação. Nós conectam-se através de arestas rotuladas com pesos, e o valor da saída de um nó é transmitido a todas os nós com os quais este se conecta. Através destas ligações, a saída de um nó pode influenciar as ativações de outros nós. Um nó que

receba ligações calcula sua ativação através de uma soma ponderada de suas entradas, determinando a saída pela função de valorização. As redes aprendem mudando os pesos das conexões. De maneira simplista, Neto e Nicoletti (2005, p. 17) definem que “uma rede neural é uma rede com muitos processadores simples (cada um deles tendo, possivelmente, uma pequena quantidade de memória local), conectados por meio de canais de comunicação (conexões)”.

As vantagens que podem ser consideradas na aplicação das redes neurais artificiais são em geral relacionadas à sua praticidade no aprendizado de aproximação de funções a partir de exemplos (NETO; NICOLETTI, 2005). Ou seja, a saída da rede são funções que de alguma maneira convergem para determinado ponto.

Numa maneira mais genérica de se explicar, as operações de neurônio podem ser estabelecidas da seguinte maneira (RUSSELL; NORVIG, 2004):

- Sinais são apresentados à entrada.
- Cada sinal se multiplica um peso que indica sua influência na saída.
- Uma soma ponderada dos sinais que produzem um nível de atividade é calculada.
- Se este nível excede um limite (*threshold*) a unidade produz uma saída.

Ainda segundo Russel (2004), uma rede neural artificial é definida por:

- Existência de um padrão de processamento e conexão entre os neurônios.
- Processamento ocorrer através dos processadores básicos (neurônios).
- Função de ativação representando o estado do neurônio.
- Uso de um algoritmo de treinamento (também chamado algoritmo de aprendizagem).

A responsável em estabelecer o estado do neurônio (chamado de ativação) é a função de ativação. O valor dessa função depende da entrada que o neurônio recebeu em determinado momento. Esse estímulo pode ser externo ou interno (proveniente de outros neurônios). É interessante notar que a saída dos neurônios depende do valor de ativação. Além disso, essas saídas também interagem com o restante da rede através das conexões sinápticas de cada neurônio. Então, conclui-se, que na fase de treinamento, neurônios enviam sua saída aos outros elementos da rede a qual estão conectados. Para que haja uma mudança de estado do neurônio (conforme visto) faz-se uso da função de ativação. Porém não necessariamente existe um tipo único de função. Há uma grande variedade de funções que são usadas para

calcular o nível de ativação dos neurônios de forma distinta.

Numa definição genérica de Haykin (1999), uma rede neural artificial consiste em unidades de processamento simples que armazenam conhecimento experimental e o torna disponível para o uso. Ainda segundo ele, pode-se fazer uma comparação ao cérebro humano em dois aspectos:

- É necessário um processo de aprendizagem para que a rede adquira conhecimento a partir de seu ambiente.
- Conforme se adquire o conhecimento, as conexões entre os neurônios (conhecidas também como pesos sinápticos) são utilizadas para guardar informação do conhecimento adquirido.

Numa arquitetura simplista e de caráter didático, pode-se considerar três funções principais na montagem de uma rede (NETO; NICOLETTI, 2005). Cada uma delas com uma propriedade específica. Em primeiro lugar tem-se uma função chamada soma. Ela é responsável por combinar as entradas que chegam ao neurônio num valor. Cada entrada depende dos valores transmitidos e dos pesos sinápticos associados às conexões por meio das quais os valores são transmitidos. A função soma freqüentemente usada é o produto interno definido pela Equação 16.

$$dj = \sum_{i=0}^n W_{ij} X_i \quad (16)$$

Após a função soma, é necessário calcular o nível de atividade ou estado de um neurônio. Quem desempenha esse papel é a função de ativação. Ao final do processo associa-se a ativação do neurônio a um valor de saída. A função responsável por esse processo é chamada função de saída.

Quanto à organização da rede, para Neto e Nicoletti (2005), o interessante ao se estudar os neurônios de uma Rede Neural é abordá-los como organizados em camadas. E assim caracterizar o padrão de conexão existente entre eles. É comum ver neurônios que pertençam à mesma camada possuírem as mesmas funções assim como o mesmo padrão de conexão a outros neurônios. O que se tem na prática em muitas redes neurais são neurônios que pertençam a uma mesma camada poderem estar completamente conectados ou desconectados. Essa organização em camadas define a arquitetura (ou topologia) de uma rede neural.

No processo de utilização de uma rede neural, conforme visto, existe a necessidade de ajuste dos pesos das conexões. Assim, então, o processo cognitivo de uma rede (ou algoritmo

de aprendizado) é composto por um conjunto de regras por meio das quais os pesos das conexões são ajustados, utilizando para o ajuste um conjunto de exemplos chamado conjunto de treinamento.

4.5.2 Tipos de aprendizado

Teoricamente, conforme é evidenciado por Neto e Nicoletti (2005), quanto ao tipo de aprendizado os algoritmos podem pertencer aos seguintes grupos distintos: supervisionados, não-supervisionados e construtivos.

Utilizando-se de técnicas de aprendizado supervisionado (isto é aprendizado que use algoritmos supervisionados), para cada vetor ou padrão de treinamento, são associadas classes (ou vetores de saída). Segundo os autores (NETO; NICOLETTI, 2005, p. 23),

durante a fase de treinamento, o algoritmo (de treinamento da rede) tenta ajustar os pesos das conexões de maneira que a saída da rede coincida com a classe (ou vetor de saída) associada ao exemplo, para cada exemplo do conjunto de treinamento.

Já em se tratando de aprendizado não-supervisionado (aqueles que fazem uso de algoritmo não supervisionado), pode-se dizer que são mais utilizados em sistemas de classificação. Neste tipo de algoritmo, não existe uma saída desejada para cada entrada. Para este tipo de aprendizado, a rede é treinada usando excitações ou padrões de entrada e, então, de forma arbitrária, organiza a saída em padrões e categorias. Para cada entrada que é dada à rede é fornecida uma resposta que indique a classe a qual determinada entrada pertença. Se o padrão de entrada não corresponde às classes que já existem, uma nova classe é gerada. O aprendizado não supervisionado trabalha com a modificação dos pesos de conexões. É dessa forma que os padrões de entrada são agrupados. Um tipo específico de rede que se utilize deste tipo de algoritmo são as redes do tipo mapas auto-organizáveis ou SOM (*Self Organizing Maps*). Esse tipo de rede também é comumente conhecido por rede de Kohonen ou *Konets* (este tipo de rede neural será visto com mais detalhes mais à frente).

Já quando se faz uso dos algoritmos neurais construtivos, o aprendizado proposto não necessita que a arquitetura da rede seja definida de forma fixa, antes do início do treinamento. Segundo Chen et al. (2006), algoritmos de aprendizagem construtivos ajudam na construção de redes neurais artificiais mínimas para a classificação de padrões. A principal característica deste modelo de aprendizado é a construção dinâmica das camadas intermediárias da rede, à medida que vão sendo necessárias ao treinamento. Essa característica faz com que o processo de determinação da arquitetura da rede fique interligado ao próprio processo de aprendizado –

ambos os processos, o de treinamento e o de construção de rede, acontecem simultaneamente e são independentes.

4.5.3 Estruturas de Rede

Segundo Russell e Norvig (2004), são duas as categorias principais na estrutura de fluxo de uma rede neural artificial. São elas: redes acíclicas ou redes de alimentação direta e redes cíclicas ou redes recorrentes. Por definição a rede de alimentação direta é representada por sua função de entrada atual. Desse modo não possui, então, camadas intermediárias de neurônios internos para processamento. Já o tipo de rede recorrente faz o processo de alimentação das entradas utilizando-se da própria saída. Fausett (1994), diz que o resultado disso é que nessa rede os níveis de ativação dos neurônios podem chegar num estado estável ou caótico e ainda exibir oscilações durante o processo de treinamento. Com base nisso, temos o fato que a rede responde a determinadas entradas de forma que tal resposta dependa do seu estado inicial (o qual pode depender de entradas anteriores). Conclui-se, portanto, que redes recorrentes (diferentemente das redes de alimentação direta) podem possuir memória de curto prazo, deixando-as de certo modo parecidas (em termos de funcionamento) com o cérebro humano. Nos próximos parágrafos serão abordadas essas duas vertentes de rede com suas particularidades e distinções.

4.5.4 Redes neurais de uma única camada (perceptrons)

Para Fausett (1994) redes neurais de uma única camada ou redes de perceptron são aquelas onde todas as entradas são conectadas diretamente às saídas, levando em consideração que cada unidade de saída é independente das unidades de entrada. Pode-se observar um exemplo de rede de perceptron na figura 7, a seguir:

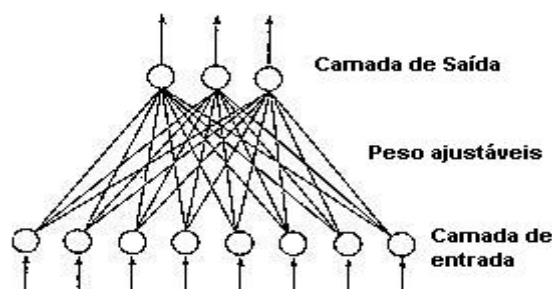


FIGURA 7: REDE DE PERCEPTRON

Segundo Haykin (1999), a rede de perceptron aprende conceitos. Ele pode aprender a responder com verdadeiro (1) ou falso (0) pelas entradas que nós apresentamos a ela, “estudando” repetidamente os exemplos que lhe são apresentados. No geral, também, os pesos dos vínculos de entrada da rede não têm nenhum efeito sobre as outras unidades de saída.

Para Russell e Norvig (2004), ao utilizar uma função de ativação de limiar, pode-se visualizar o perceptron como a representação de uma função booleana. Como resultado, além de funções booleanas elementares E, OU e NÃO, funções booleanas de ordem complexa podem ser representadas de maneira bem compacta. Como exemplo, pode-se citar a função maioria, que tem como sua saída 1 somente se mais da metade dos valores de suas entradas forem iguais a 1. A representação dessa função por um perceptron pode ser dada com cada $W_j=1$ e limiar $W_0=n / 2$. A quantidade de interações de uma árvore de decisão nesse processo seria maior, pois necessitaria de $O(2^n)$ nós para representar essa função.

O processo de treinamento de perceptrons é feito através de um algoritmo simples de aprendizagem, chamado regra-delta (FAUSETT, 1994). Neste algoritmo há um cálculo de erros entre a saída de dados calculada e a saída que se deseja. Através desse processo o algoritmo ajusta os pesos sinápticos, assim convergindo as entradas numa resposta da rede.

Conforme se observa nas figuras a seguir, os perceptrons de uma camada são capazes de aprender sobre problemas linearmente separáveis (os quais podem ser separados por uma reta no hiperplano). A limitação desta rede neural se encontra, então na reduzida gama de problemas que consegue tratar. Para problemas que envolvem classificação de variados perfis, este tipo de modelagem de rede não é o mais indicado.

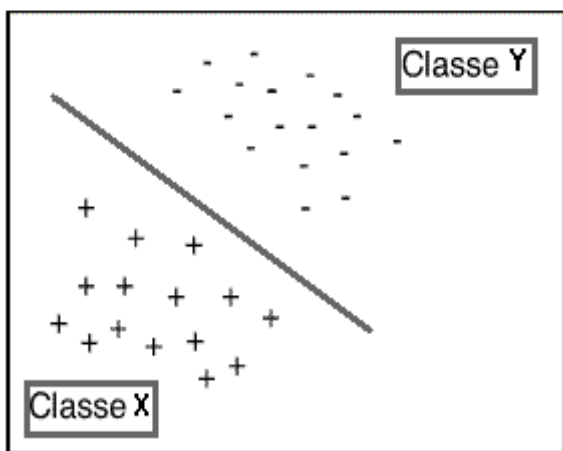


FIGURA 8: CLASSES LINEARMENTE SEPARÁVEIS

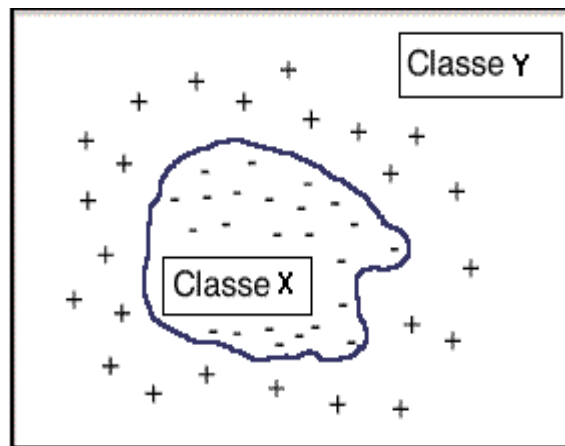


FIGURA 9: CLASSES NÃO LINEARMENTE SEPARÁVEIS

4.5.5 Perceptrons de várias camadas

As redes (ou perceptrons) de várias camadas podem também ser consideradas como redes com unidades ocultas (RUSSEL; NORVIG, 2004). Algumas pessoas denominam esse tipo de rede como rede de três camadas, enquanto outras a chamam de rede de duas camadas. Devido ao fato deste tipo de rede não ser o foco principal da abordagem em redes neurais para este trabalho (este será visto mais à frente com as redes de Kohonen), será mostrada somente uma leitura superficial deste tipo de rede.

Ainda segundo Russell e Norvig (2004, p. 720), “a vantagem de adicionar camadas ocultas é que ela aumenta o espaço de hipóteses que a rede pode representar”. Em outras palavras este tipo de rede apresenta um processamento mais dinâmico, se comparada com redes perceptrons de uma camada única.

Quanto aos algoritmos de aprendizagem para este tipo de rede, Russel e Norvig (2004) definem que estes são semelhantes aos algoritmos de perceptrons de uma camada. A diferença mais específica deste tipo de algoritmo é que se pode ter várias saídas. Para isso se faz uso de um vetor de saída (intermediário) ao invés de um único valor. Assim sendo, cada exemplo tem um vetor de saída. O que se tem também como um grande diferencial entre uma rede de camada única e uma rede de várias camadas é que o erro numa camada de saída é claro, enquanto nas camadas ocultas de certa forma é misterioso, pois juntamente com os dados de treinamento não se tem a informação do valor que os nós ocultos devem realmente ter.

4.5.6 Redes de Kohonen

Uma especialização das redes neurais são as redes de Kohonen (2001) ou *Konets*. Ela foi desenvolvida por Teuvo Kohonen no início da década de 80. (KOHONEN, 2001; SUURONEN, 2001). Conforme explica Wangenheim (2006), Teuvo Kohonen possui grande experiência na pesquisa de modelos que definem padrão inter-relações entre grupos. Ele iniciou com pesquisas na área da Análise de Componentes Principais e quantização e atributos em conjuntos de vetores (tal pesquisa pode ser encontrada em seu primeiro livro) e foi evoluindo no sentido de tentar descrever modelos cada vez mais plausíveis do ponto de vista biológico.

O objetivo de suas pesquisas, na década de 1980, passou a ser o de descobrir um modelo de auto-organização de informações em um processo de aprendizado indutivo capaz

de ser usado como modelo para o aprendizado e organização de informações no neocórtex cerebral de um animal superior.

Francisco (2004, p. 36), complementa essa informação dizendo que

o desenvolvimento das redes de Kohonen como modelo neural foi motivado por uma característica do cérebro humano, que é a organização das informações em muitas regiões, de tal forma que entradas sensoriais distintas são representadas por mapas computacionais topologicamente ordenados.

Admite-se, portanto que os mapas auto-organizáveis seguem por uma área da computação onde tentam modelar o processamento da informação de entrada através de rede de neurônios que age de maneira similar ao sistema nervoso humano. O fenômeno do agrupamento que se baseiam os estudos das Redes de Kohonen tem sido bastante estudado no campo da Percepção, em especial na Percepção Visual (VASCONCELOS, 2000), considerando-se, assim que a esse fenômeno pode ser aludido o surgimento de linhas virtuais entre objetos (o que é a consequência da similaridade entre seus elementos no espaço de características).

4.5.6.1 Sistema Nervoso – origem biológica dos mapas auto-organizáveis

Biologicamente falando, é através da percepção que os seres vivos adquirem informações do meio onde estão. Ainda conforme explica Vasconcelos (2000), esse processo de aquisição de informação é resultado da interação entre dois sistemas:

- Sistema Ambiental (ou meio que cerca o indivíduo).
- Sistema Nervoso (ou sistema de processamento de informações do indivíduo)

A figura a seguir, exemplifica um pouco melhor essa interação:

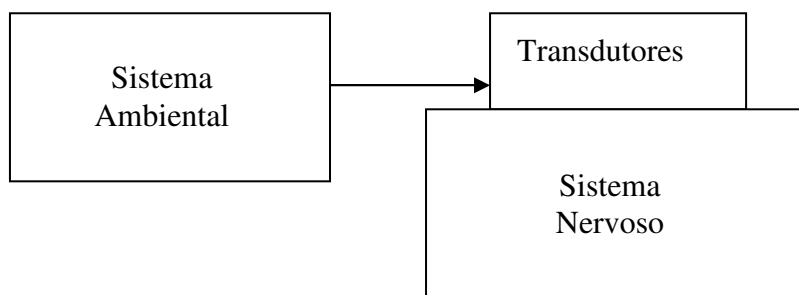


FIGURA 10: COMUNICAÇÃO ENTRE OS DOIS SISTEMAS

Ou seja, entende-se que os mecanismos dos transdutores transformam o domínio dos sinais ambientais em um domínio onde possam ser tratados pelo mecanismo de processamento de informação do Sistema Nervoso.

Na figura anterior, observa-se de uma maneira macro e simplificada a relação direta entre um sistema interpretador de estímulos (sistema nervoso) e um sistema gerador de estímulos (sistema ambiental). No sistema ambiental há uma gama enorme de estímulos diferentes (elétricos, mecânicos, etc.). Cabe ao sistema nervoso tomar uma ação específica para cada um deles. O elemento fundamental para a interpretação do sistema nervoso é o transdutor. É esse componente que transforma um sinal qualquer de determinado ambiente em sinais nervosos prontos para serem interpretados. De forma biológica um transdutor é o componente responsável por determinado sentido animal. Por exemplo, pode-se citar a córnea e a retina (para o sentido de visão) e os tímpanos (para o sentido da audição). Vasconcelos (2000) complementa essa informação afirmando que seres biologicamente inteligentes constroem seus mapeamentos assim como suas distinções e variações de agrupamento baseados nos seus sentidos. Dessa forma, como um exemplo, tem-se a criação de mapeamentos e distinções através de pontos de maior ativação no córtex visual (captados assim pelos estímulos da retina). Assim, o autor conclui que, dada uma célula do córtex os neurônios de sua vizinhança trabalham em conjunto na criação de um mapeamento ou da distinção de uma forma (estes que contribuem positivamente no seu valor de ativação). Dessa mesma maneira os outros neurônios, situados a distância maior, contribuem negativamente. Considera-se isso como sendo as relações laterais da célula.

4.5.6.2 Mapas auto-organizáveis

Conforme foram se aperfeiçoando as técnicas de estudo das regiões do cérebro, mais foram surgindo técnicas adaptativas através do uso de modelos de mapas auto-organizáveis. Serão abordados nesta seção os mapas auto-organizáveis de Kohonen ou *Konets* por estes serem um modelo bastante popular na abordagem de mapas auto-organizáveis.

As *Konets*, então, são redes competitivas. Uma das características principais deste tipo de rede é que a forma de seu aprendizado é não-supervisionado. Pode-se dizer, portanto que “aprende sem professor”. Outra característica relevante é o fato que ao se utilizar este tipo de rede, não é procurada uma solução ótima, mas sim aquela solução viável que apresente bons

resultados. Esta é uma das diferenças dessas redes com as redes de aprendizado supervisionado.

Esse tipo de rede é composto por um conjunto de unidades de saída e um vetor com n unidades de entrada. A Figura 11 a seguir, baseada em Damelincourt (2006), detalha a fase de treinamento de uma rede neural de Kohonen: cada saída corresponde a um nó em um grid bidimensional, que por sua vez está conectado a um nó de entrada. A fase de treinamento (automática, sem intervenção do usuário) consiste em apresentar repetidas vezes à rede as entradas de maneira que a distribuição dos nós de saída corresponda à distribuição dos nós de entrada, de acordo com os pesos existentes na rede.

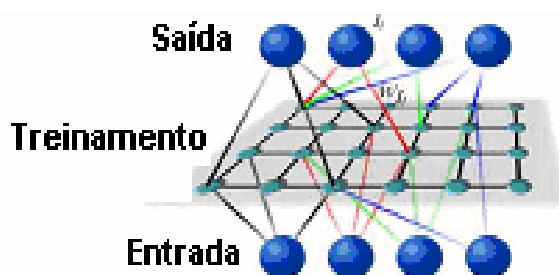


FIGURA 11: TREINAMENTO DA REDE DE KOHONEN

Conforme se vê na figura anterior, cada unidade de entrada é avaliada e agrupada dentro da possibilidade de treinamento da rede. Quanto maior a quantidade de entradas e de repetições para treinamento da rede, maior a quantidade de grupos criados.

Nesse tipo de rede, a grade da camada intermediária de treinamento é usualmente bidimensional. Mapas auto-organizáveis básicos, de forma ilustrativa, podem ser comparados com uma rede feita por linhas de tecido. Cada neurônio (após o processo de treinamento) fica localizado nas intersecções da rede.

A meta principal de um mapa auto-organizável é transformar uma entrada (de um padrão qualquer) num mapa de saída com uma ou duas dimensões. De maneira análoga podemos enxergar as *Konets* também como se fossem redes de pesca recém tiradas do mar. Imagina-se, então que em cada nó dessa rede se encontre um peixe de determinada espécie. Randomicamente, escolhe-se um peixe de determinado nó como pivô, e para esse peixe verifica-se qual outro peixe de outro nó mais se assemelha ao primeiro. Quando o peixe mais parecido for encontrado, aproxima-se este do pivô de acordo com seu grau de atributos similares. O mesmo procedimento é aplicado aos peixes encontrados nos nós adjacentes ao que mais se assemelhava ao pivô. Após fazer este procedimento repetidamente por mais de

3000 vezes nota-se que esses peixes formaram regiões de agrupamentos claras nessa rede, onde peixes de tamanho, cores e características parecidas se encontram mais próximos.

Na tabela a seguir, pode-se observar como são organizadas (em termos de estrutura de dados) a entrada a ser analisada por um mapa auto-organizável. Conforme se observa, no exemplo, os dados das características de cada elemento da rede (no caso de alunos e objetos de aprendizagem) são cruzados nessa matriz de adjacência para posterior utilização no processo de treinamento.

TABELA 6: ENTRADA COM AS CARACTERÍSTICAS DE CADA ELEMENTO APRESENTADO A REDE

	Aluno 1	OA1	OA2	OA3	OA4	OA5	OA6	OA7	OA8	OA9	OA10	OA11	OA12	OA13	OA14	OA15
adolescente	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
adulto	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
criança	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
samba	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
hip hop	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
mpb	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jazz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Norte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Nordeste	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sul	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0
Sudeste	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0
Guitarra	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Piano	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Conforme se pode observar na tabela anterior, no caso deste exemplo, tem-se, vinculado a cada entrada (Aluno e Objetos de Aprendizagem ou OA's) uma lista de características, onde 1 significa tem ou possui e 0 significa não tem ou não possui.

4.5.6.3 Treinamento da rede

Nas linhas de entrada da rede, para cada parâmetro de saída que elas representam, é dado um peso. Cada neurônio armazena um vetor de pesos, cada um deles correspondente a uma das entradas de um vetor de entradas, conforme indica a figura 12.

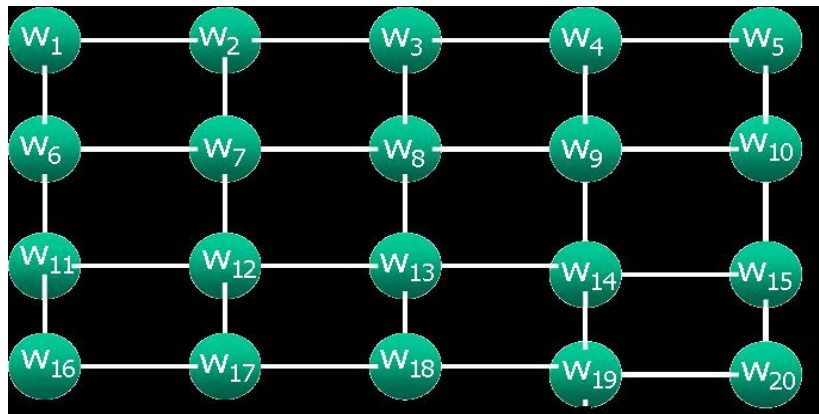


FIGURA 12: VETOR DE PESOS DA REDE DE KOHONEN

Imaginando como vetor de pesos para as características indicadas na tabela 7, tem-se o seguinte exemplo hipotético de inicialização:

TABELA 7: EXEMPLO DE INICIALIZAÇÃO DO VETOR DE PESOS

	W1	W2	W3	W4	W5
adolescente	0	1	0	1	1
adulto	1	1	0	1	1
criança	1	1	0	0	1
samba	0	0	0	0	1
hip hop	0	0	1	0	0
mpb	0	1	0	0	0
Jazz	1	0	1	0	0
Norte	1	1	1	1	0
Nordeste	0	0	1	1	1
Sul	1	1	0	1	1
Sudeste	0	0	0	0	1
Guitarra	0	0	0	0	0
Piano	1	0	1	0	0

Na tabela 7, para fins práticos, somente demonstrou a inicialização até o vetor de pesos W5. Vale lembrar, porém, que em um caso real, o algoritmo atualizaria até W_n.

Cada entrada nova, é então comparada a cada neurônio, conforme é apresentado no exemplo abaixo.

TABELA 8: EXEMPLO DE COMPARAÇÃO DA ENTRADA COM O VETOR DE PESOS W1

<i>ALUNOI</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>W1</i>	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1

A cada vetor de pesos é atribuído um valor de distância dessa entrada, calculado através da fórmula da distância euclidiana (fórmula 17):

$$\sqrt{\sum_{i=0}^n (weight_i - input_i)^2} \quad (17)$$

onde $weight_i$ é o i -ésimo elemento do vetor de pesos e $input_i$ é a i -ésima entrada.

Tem-se dessa maneira o seguinte cálculo baseado nessa comparação:

$$\sqrt{\begin{matrix} (0 - 1)^2 + (1 - 0)^2 + (1 - 0)^2 + (0 - 1)^2 + (0 - 0)^2 + (0 - 0)^2 \\ + (1 - 0)^2 + (0 - 0)^2 + (1 - 1)^2 + (1 - 0)^2 + (0 - 0)^2 + (0 - 1)^2 + (1 - 0)^2 \end{matrix}} = \sqrt{8}$$

$$\sqrt{8} = 2,828427 \quad (18)$$

A esse valor calculado dá-se o nome de nível de ativação. O neurônio com o menor nível de ativação – ou seja, o mais próximo ao vetor de entrada, no espaço euclidiano – pode ajustar seus pesos de maneira a aproximar-se do vetor de entrada, da mesma maneira que alguns de seus vizinhos. Essa etapa do treinamento é chamada de competição (KOHONEN, 2001).

Segundo Francisco (2004) e Haykin (2001), o processo de treinamento dos mapas auto-organizáveis é dividido em três etapas:

- **Competição:** para cada padrão de entrada apresentado a rede somente uma unidade do grid deverá ser ativada pelo mesmo. Essa unidade de entrada pode ser chamada de neurônio vencedor e é ativada através de uma função discriminante (a qual provê a base para a competição dos neurônios).
- **Cooperação:** o neurônio vencedor determina o centro de uma vizinhança topológica de neurônios excitados lateralmente, provendo, desta forma, as bases para a cooperação entre tais neurônios vizinhos.

- **Adaptação Sináptica:** nesta fase, os pesos sinápticos são ajustados para o vetor de pesos vencedor, ou seja através deste artifício os neurônios excitados podem aumentar seus valores individuais da função discriminante em relação ao padrão de entrada, através de ajustes adequados aplicados a seus pesos sinápticos. Se um padrão semelhante for apresentado novamente à entrada, a resposta do neurônio vencedor vai sendo gradativamente aumentada nesse processo.

O treinamento de uma rede de Kohonen é feito de modo competitivo e não supervisionado. O algoritmo por trás do processo de treinamento desse tipo de rede neural, conforme já exemplificado, pauta-se nos seguintes passos (KOHONEN, 2001; ROUSSINOV, 2001):

- **Inicializar nós de entrada, saída e pesos:** cria-se um *grid* bidimensional de m possíveis nós de saída. Organiza-se o *grid* como um grafo bipartido, inicializando os pesos $weight_{ij}$ das conexões entre cada um dos i -ésimos nós de entrada e cada j -ésimo nó do *grid* com valores aleatórios. Cada um dos j -ésimos nós de saída está dessa forma associado a um vetor de pesos $weight_{ij}$.
- **Fornecer dados de entrada:** na medida em que o usuário vai interagindo com o sistema, informações a respeito de suas preferências pessoais e aspectos sócio-geográfico-culturais, por exemplo, vão sendo apresentados à rede. Cada i -ésima entrada do usuário em um dado tempo t é representada por um vetor $v_i(t)$.
- **Calcular distância no espaço euclidiano:** computar a distância euclidiana d_j (fórmula 17) entre cada um dos vetores de entrada $v_i(t)$ e o vetor de pesos $weight_{ij}$:
- **Selecionar o nó vencedor j^* e atualizar os pesos de j^* e de seus vizinhos:** O nó vencedor j^* é o que produz a menor distância d_j . A atualização dos pesos deve diminuir a distância de j^* e de seus vizinhos em relação a $v_i(t)$:

$$weight_{ij}(t+1) = weight_{ij}(t) + n(t)v_i(t) - weight_{ij}(t) \quad (19)$$

onde η é um coeficiente de ajuste de erro entre 0 e 1 que diminui em relação ao tempo. Após essas atualizações, os nós na vizinhança de j^* estão mais similares ao vetor de entradas $v_i(t)$.

- **Rotular regiões no mapa:** Após a etapa de treinamento, a cada saída atribui-se o maior peso como um termo de valoração, conhecido como “termo de vitória” (*winning term*). Todos os nós da vizinhança com o mesmo termo são agrupados em clusters, representando regiões conceitualmente próximas.

Por definição (KOHONEN, 2001), a estrutura básica da rede consiste em duas camadas de neurônios conectados pelos pesos. A camada de entrada é conectada a um vetor de entrada do conjunto de dados e a camada de saída forma um mapa que consiste de uma grade retangular onde são dispostos vários neurônios.

Pode-se dizer também (SUURONEN, 2001) que os mapas auto-organizáveis são baseados em aprendizagem competitiva, ou seja os neurônios de saída da rede competem entre si para serem ativados, sendo que somente um neurônio de saída ou um neurônio por grupo fica ativado em cada momento.

Conforme dito anteriormente, numa *Konet* o processo de aprendizagem é não-supervisionado, ou seja não é necessário nenhum artifício que defina a saída correta (ou o nó mapeado) para uma entrada. No processo de treinamento, o algoritmo não decide onde e qual é a melhor opção que se aproxima de determinada entrada. Ele simplesmente a encontra e ajusta os pesos. O resultado não é nada mais do que uma ordenação por quesitos de similaridade. O algoritmo ao final do processo não acha um único valor e sim uma lista ordenada.

Ao final desse processo, então, pode-se verificar que a localização destes neurônios (que são os neurônios vencedores) se torna ordenada de tal forma que um sistema de coordenadas é criado na grade, para diferentes características de entrada. Dessa forma, a característica principal da rede é a formação de um mapa topográfico dos padrões de entrada, no qual as localizações espaciais (ou coordenadas) dos neurônios na grade são diretamente relacionadas aos padrões de entrada. A resposta a esse processo competitivo de treinamento (ao final de uma iteração) é a localização do neurônio de entrada no mapa.

Num treinamento baseado em cerca de 2000 apresentações, então, cada área determinada do mapa, torna-se mais ou menos responsável por uma das combinações de atributos de ocorrência e simultaneamente para um dos nomes dos elementos de entrada também. Se uma entrada cujo tipo já foi anteriormente mapeado for apresentada novamente à

rede, no mapa de saída ela será posicionada na mesma região das anteriores (KOHONEN, 2001).

4.5.6.4 Aplicações

Vasconcelos (2001), informa que o modelo de Kohonen, na sua forma básica, foi proposto em 1982, tendo a sua última forma, exposta em 1997. Nesta versão foi mantido seu núcleo básico inalterado, fazendo apenas ampliações e variações.

Ainda segundo Vasconcelos (2000, p. 31),

Kohonen está interessado em enfatizar a importância de se levar em consideração, nos modelos de redes neuronais, a disposição física dos neurônios e as relações entre vizinhanças dos neurônios no processamento da informação do sistema nervoso.

Com base nessa última versão, hoje as redes do tipo *SOM* são frequentemente usadas como ferramentas estatística para análise multivariada (SUURONEN, 2001), pois são conversores de um grande e variado espaço de dados em um espaço de dados menor (dimensionalmente falando). Isso significa que redes desta categoria são bons agrupadores. Utilizando-se deste método de agrupamento, então, dados similares tendem a ser mapeados por neurônios próximos (KOHONEN, 2001). Essencialmente falando o uso de uma rede com esses atributos pode ser atribuída a ferramentas que utilizem recursos de mineração de dados assim como um método de visualização de um rol de dados complexo. (SUURONEN, 2001).

Podem-se definir algumas áreas de aplicação assim como: processamento digital de imagem, reconhecimento de voz, processamento de linguagem natural, controles de processos, análise de índices econômicos (assim como análise gráfica de padrões de mercado) em bolsa de valores, diagnósticos gerais na área industrial, diagnósticos da área médica assim como análises biomédicas em geral, as quais incluem reconhecimento de padrões de choro em bebês, reconhecimento de padrões de ondas cerebrais em pessoas com epilepsia, reconhecimento de padrões cerebrais em pesquisas relacionadas a fases do sono. Neste tipo de aplicação, as linhas de gráfico de pulsos elétrico-cerebrais mapeados através de um eletroencefalograma são digitalizadas e seus padrões são agrupados por semelhança para reconhecimento de estudos de padrões cerebrais em estado de vigília, assim como nos demais estágios do sono (os quais basicamente podem se dividir em dois tipos básicos, cada um com suas subdivisões).

Para finalidades de estudo deste trabalho, será abordada a utilização deste tipo de rede em sistemas pedagógico-educacionais. Comparada com outras técnicas adaptativas, as *Konets* tendem a ter uma maior facilidade de implementação com um custo menor de tempo para

isso. A tabela abaixo demonstra um comparativo entre as redes de Kohonen e as demais técnicas adaptativas descritas neste capítulo. Para construção desta tabela, considerou-se o termo **Conhecimento Prévio** como qualquer base, seja ela estatística (Redes em geral), base de conhecimento (Sistemas Especialistas) ou de relações (Sistemas Fuzzy).

TABELA 9: COMPARAÇÃO ENTRE AS TÉCNICAS ADAPTATIVAS ESTUDADAS NESTE TRABALHO

Técnica Adaptativa	Necessita de Base de conhecimento prévio?	Método de aprendizado supervisionado?	Necessita de regras e formalismos prévios?
Redes Bayesianas	Sim	Sim	Não
Sistemas Especialistas	Sim	N/A	Sim
Sistemas Fuzzy	Sim	N/A	Sim
Computação Evolutiva.	Não	N/A	Sim
Redes de Perceptron	Sim	Sim	Não
Redes de Kohonen	Não	Não	Não

Com base no levantamento do problema deste trabalho, assim como nas características de cada técnica adaptativa apresentada resumida na tabela 9, a técnica das Redes de Kohonen se apresenta como escolha mais coerente com a proposta deste trabalho. Isso se deve ao fato desta técnica trabalhar de maneira otimizada em problemas que sejam resolvidos por clusterização (KOHONEN, 2001). Desta forma, como a necessidade deste trabalho está em agrupar os alunos e os objetos de aprendizagem baseados em suas similaridades, esta técnica é a que mais se enquadra neste requisito. Além disso, os mapas auto-organizáveis, não necessitam de nenhuma base de conhecimento prévia, assim como também não precisam que sejam criados nenhum tipo de regras ou formalismo para que funcionem. Isso facilita a implementação, pois evita a necessidade de um levantamento destas informações para construção das redes neurais, economizando tempo no desenvolvimento do aplicativo.

5 Implementação

Nos últimos capítulos, abordaram-se diversas motivações para implementação de um sistema com as características daquele que será apresentado nas próximas páginas. Neste capítulo, serão discutidos os conceitos, fases, iterações e artefatos correspondentes que ajudarão no processo de engenharia de software, culminando na implementação de um protótipo desse sistema de ensino e de inclusão digital.

Para fins de organização da modelagem deste trabalho, escolheu-se a linguagem visual UML (*Unified Modeling Language*) devido ao fato que seus diagramas envolvem todas as fases de desenvolvimento do software. Por motivos práticos, não se dará muita ênfase em explicar as características da UML. Maiores detalhes sobre esta documentação podem ser encontrados em Booch, Rumbaugh e Jacobson (2005).

A seguir, serão apresentadas (de forma metodologicamente organizada) as fases de Concepção, Elaboração e Construção, assim como seus respectivos artefatos. Para fins de praticidade, o nível de detalhamento dos artefatos abstrai algumas operações repetitivas do tipo CRUD (*Create Read Update Delete*).

Para finalidades gerais o nome do protótipo a ser apresentado nas próximas páginas será **FenixLib17**.

5.1 Fase de Concepção

5.1.1 Objetivo

Nesta etapa, o objetivo principal será o de mostrar como será concebido o sistema FenixLib17, informando assim sua delimitação de escopo, requisitos de alto nível, assim como um plano de projeto inicial. Para fins de documentação num primeiro momento serão estabelecidas algumas funcionalidades gerais que o sistema abordará. Mais à frente, na fase de elaboração, cada funcionalidade será devidamente detalhada e documentada.

5.1.2 Escopo

Esta primeira fase de documentação limita-se a conter apenas informações gerais e específicas de funcionalidades dos módulos. Qualquer outro tipo de situações será tratado em

outros artefatos. Esta fase engloba apenas o entendimento necessário dos problemas e suas especificidades num nível macro, assim como um planejamento inicial do projeto.

5.1.3 Visão Geral – Requisitos de Usuário

Conforme já abordado no capítulo 2, existe a necessidade de que os alunos da rede pública, assim como os alunos da rede particular de ensino tenham acesso a conteúdos pedagógicos que os instrua de maneira inicial nos temas e nas disciplinas de musicalização em geral. O foco principal da idéia não é um sistema que ensine profundamente a teoria musical. O que se espera deste sistema é que ao se utilizar da contextualização sócio-política do aluno, a tarefa de interação e aprendizagem das informações básicas da disciplina a ser ensinada se torne mais dinâmica e eficiente do ponto de vista do processo de construção do conhecimento. Com isso além de aprender a disciplina o aluno reflete sua realidade.

De uma maneira generalista, em termos de processos, o sistema está dividido em três módulos distintos:

- Módulo Treinamento – Responsável pela estrutura interna do processo de Treinamento da Rede Neural utilizada.
- Módulo Pedagógico – Responsável pela coleta das informações na navegação do aluno, assim como pela disponibilização dinâmica do conteúdo.
- Módulo Administrativo – Responsável pela parametrização da Rede Neural, assim como pela gerência dos cadastros de alunos dentro do sistema.

A figura a seguir demonstra o relacionamento dos três módulos através de um diagrama de pacotes:

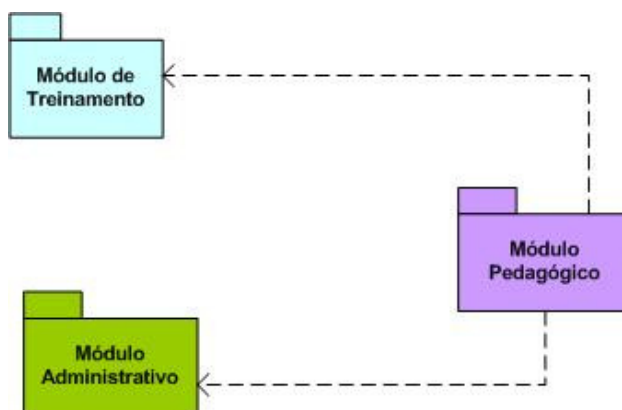


FIGURA 13: DIAGRAMA DE PACOTES DO SISTEMA

Neste momento de concepção do sistema também é interessante definir o vocabulário comum ao domínio de aplicação que será utilizado ao longo de todo esse capítulo. Têm-se portanto as seguintes definições:

- **Objeto de Aprendizagem** – No domínio da aplicação, e usualmente falando, um objeto de aprendizagem é a menor unidade educacional. Equivale a qualquer mídia eletrônica dentro de alguma página no sistema. Ao Objeto de Aprendizagem podem ser vinculadas características que determinarão a qual perfil de aluno o objeto mais se pareça.
- **Recursos de Aprendizagem** – Equivalem a um conjunto de objeto de aprendizagem. Para o sistema FenixLib17 o conceito **Recursos de Aprendizagem** significa um agrupamento de objetos de aprendizagem (ao qual podem ser atribuídas características específicas em seu cadastro).
- **Cursos** – São tópicos gerais (mostrados na página inicial do sistema) os quais agrupam os Objetos ou os Recursos de Aprendizagem. Cursos são, então, agrupamentos de conteúdos educacionais. Seu cadastro ou alteração podem ser solicitados a critério do educador. Porém para que tal alteração ou cadastro seja efetivado é necessário aprovação do administrador do sistema, conforme se verá nos requisitos levantados mais a frente.
- **Avaliação** – O conceito de avaliação para o sistema Fenixlib17 funciona da seguinte maneira: após a navegação na página do Objeto de Aprendizagem, o aluno, para prosseguir com o treinamento em outro objeto do Curso, necessita ser aprovado numa avaliação cadastrada pelo educador que cadastrou o Objeto. Sendo aprovado, o aluno segue para o próximo Objeto de Aprendizagem, que será determinado pela rede neural. Caso contrário, o sistema sugere ao aluno voltar ao primeiro objeto de aprendizagem apresentado e pergunta se é esse o desejo do aluno. Se o aluno confirmar a pergunta o sistema o redireciona automaticamente ao primeiro objeto da lista. Caso contrário o aluno é redirecionado para a página inicial para que possa escolher outro Curso dentre os disponíveis.
- **Instituição de Ensino** – Para o sistema, o conceito de Instituição de Ensino é a instituição mantenedora do sistema, podendo a mesma ser pública ou privada. Uma instituição de ensino possui um ou mais cursos relacionados a ela.

5.2 Fase de Elaboração

5.2.1 Objetivo

Nesta etapa, o objetivo principal será o explicitar com um grau maior de profundidade as funcionalidades específicas de cada módulo do sistema. Tal profundidade será atingida com uma análise do domínio do problema, assim como através do estabelecimento da fundação de uma arquitetura sólida. Cada decisão sobre a arquitetura do sistema nesta fase será feita com uma compreensão de todo o sistema. Isso implica que nessa fase cada funcionalidade seja apresentada de forma clara. A seguir, tem-se uma descrição de cada módulo.

5.2.2 Módulo de Treinamento

É o responsável direto sobre a ordenação da entrada de acordo com os parâmetros de treinamento da Rede Neural. Comunica-se diretamente com o módulo pedagógico, se utilizando do arquivo XML gerado nas interações do sistema. Utiliza a API JavaSOM para o processo de ordenação e geração do arquivo XML de saída. Tal utilização será vista com um grau maior de detalhamento mais à frente. O importante neste momento é saber que é através dos processos realizados no módulo de treinamento que o módulo pedagógico apresenta o recurso de aprendizagem com as características mais próximas do aluno que esteja interagindo com o sistema.

Quem inicia o processo de treinamento da rede neural é o Aluno. Após ter efetuado o *login* no sistema, o aluno está apto a selecionar um ou mais cursos para visualização (maiores detalhes do fluxo de aprendizado do aluno serão vistos na apresentação do módulo pedagógico, mais à frente). Neste momento o relevante a ser entendido é como e, em que momento, o treinamento da rede neural é disparado no sistema. Após a seleção dos cursos para apresentação, é necessário que o aluno informe ao sistema qual seu conhecimento específico sobre cada curso. Feito isso o aluno já pode solicitar o início de treinamento em algum curso disponível. É exatamente neste momento que o sistema, então, reúne as características dos objetos de aprendizagem do curso selecionado, assim como as características sobre qual o conhecimento do aluno com relação ao curso e dispara o treinamento da rede neural.

O Módulo de Treinamento comunica-se diretamente também com os elementos do Módulo Administrativo para recuperação das informações com relação aos parâmetros de treinamento.

Como o Módulo de Treinamento é um módulo estritamente interno ao sistema, não se aplica a utilização de casos de uso. O acesso aos requisitos deste módulo só será feitos por outro módulo do sistema (conforme se verá mais a frente). Não existe, portanto, nenhum requisito deste módulo que seja disparado diretamente pelo usuário.

Dentre os requisitos gerais do Módulo de Treinamento, têm-se os seguintes:

- Executar processo de treinamento da API JavaSOM.
- Transformar o arquivo XML (de saída) em um objeto de dados ordenados.

Definidos, então, os requisitos deste módulo, tem-se por necessidade (BERND; DUTOIT, 2004), um detalhamento maior de cada requisito levantado. Para uma maior profundidade de entendimento deste módulo, ver Apêndice A deste trabalho.

O arquivo XML (Apêndice B), gerado ao final do treinamento da rede neural não é visualmente intuitivo, ou seja, para que se definam quais Objetos de Aprendizagem estão mais próximos do aluno (em ordem decrescente de distanciamento) é necessário um processo que leia esse arquivo e o transforme num objeto alocado em memória. Dessa forma sua leitura é facilitada.

5.2.3 Módulo Pedagógico

É o responsável por toda a parte gráfica, pelos padrões de design, assim como pelo gerenciamento e navegação dos objetos de aprendizagem apresentados. Comunica-se diretamente com o Módulo de Treinamento tanto para obtenção da resposta da Rede Neural quanto no processo de fornecimento de subsídios (dados de entrada) para o treinamento da mesma. Em suma, o Módulo Pedagógico funciona como uma interface entre o usuário e as Redes Neurais determinando assim a estratégia pedagógica para cada aluno.

Basicamente, esse módulo divide-se em dois sub-módulos distintos. São eles:

- Sub-Módulo Educador: Define estratégias específicas de ensino do conteúdo, monta e cadastra os objetos de aprendizagem assim como cursos para posterior utilização.
- Sub-Módulo Educando: Monta e apresenta os objetos de aprendizagem ao aluno, coleta informações (para posterior montagem da entrada da Rede Neural) sobre o perfil do aluno tanto no acesso inicial, quanto na navegação.

Considera-se o módulo pedagógico como sendo um dos mais complexos e relevantes do sistema. Dentre os requisitos gerais do Módulo de Pedagógico, têm-se os seguintes:

Requisitos não funcionais:

- Construir o arquivo XML de entrada da Rede Neural.
- Buscar meta-dados reunindo informação de objetos de aprendizagem de determinado curso após treinamento da rede.

Requisitos funcionais:

- Fazer a diagramação e montagem do conteúdo dos Objetos de Aprendizagem.
- Cadastrar informações básicas.
- Realizar avaliação para progredir para o próximo objeto de aprendizagem.
- Manter características gerais.
- Manter objetos de aprendizagem.
- Manter Arquivos Anexos
- Manter Avaliações.
- Manter Recursos de Aprendizagem.
- Cadastrar conhecimento inicial do aluno com relação a um Curso.
- Realizar avaliação para progredir para o próximo objeto de aprendizagem.
- Manter grupo de cursos.
- Manter cursos.
- Manter questões sobre cursos.

Assim como feito com o Módulo de Treinamento, no Apêndice C estão detalhados os requisitos acima apresentados. A Figura 14, a seguir,exibe o Diagrama de Casos de Uso deste modulo.

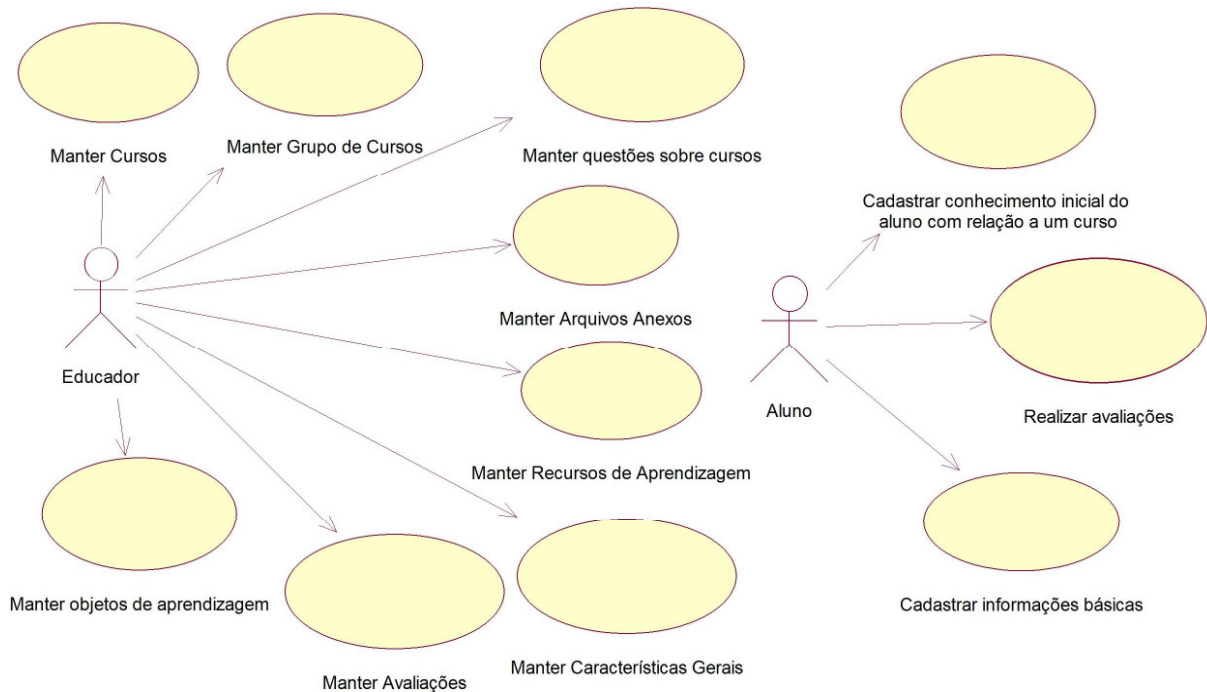


FIGURA 14: USE CASE DO MÓDULO PEDAGÓGICO

5.2.4 Módulo Administrativo

Este módulo é o responsável pela configuração geral do sistema. Permite ao administrador do sistema liberar ou bloquear acessos, manter educadores e instituições de ensino, além de também permitir a configuração específica das regras e parâmetros da Rede Neural do Sistema. Comunica-se diretamente tanto com o Módulo Pedagógico quanto com o Módulo de Treinamento.

O módulo administrativo compreende os seguintes requisitos funcionais:

- Configurar e validar parâmetros da rede neural.
- Manter Instituições de Ensino.
- Manter Educadores.

A Figura 15 exibe o Diagrama de Casos de Uso deste módulo.

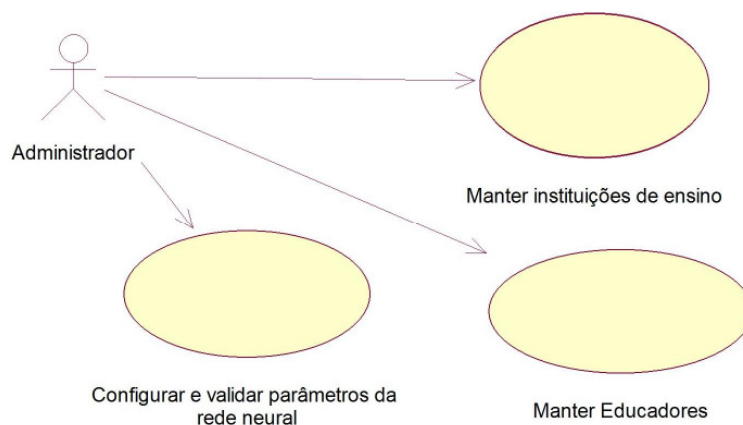


FIGURA 15: USE CASE DO MÓDULO ADMINISTRATIVO

5.3 Fase de Construção

5.3.1 Objetivo

Nesta etapa, o objetivo principal será o de, baseado nos levantamentos de requisitos elencados na fase anterior, propor um modelo de classes que atenda a todas as necessidades levantadas para o sistema FenixLib17. A seguir, então serão apresentadas as classes que fazem parte de cada módulo do sistema. Ao final de cada levantamento de classes por módulo, apresenta-se um diagrama detalhando também seus relacionamentos. Após essa primeira parte da fase de construção, para aspectos documentacionais, será apresentado o MER (Modelo Entidade-Relacionamento) do sistema, já que se se pretende implementá-lo utilizando-se de um banco de dados relacional (conforme se verá com maiores detalhes mais à frente). Para finalidades práticas abstraem-se desta modelagem todas as operações CRUD, assim como as propriedades *get* e *set* padrão.

5.3.2 Possíveis variáveis de entrada

Conforme demonstra a Tabela 10, podem-se utilizar algumas variáveis de entrada que denotem a característica do aluno ou dos objetos de aprendizagem. O objetivo desta tabela é de exemplificar o uso do aplicativo para a aplicação com relação à educação musical. Vale lembrar, porém, que através do sistema o educador pode cadastrar as variáveis que forem mais convenientes para cada fim educacional.

TABELA 10: POSSÍVEIS VARIÁVEIS DE ENTRADA APLICADAS A REDE

VARIÁVEIS DE ENTRADA
adolescente
adulto
criança
samba
<i>hip hop</i>
mpb
Jazz
Norte
Nordeste
Sul
Sudeste
Toca guitarra
Toca piano
Conhece LUNDU
Conhece BAÍÃO
Conhece CHORO

5.3.3 Definição das Classes - Módulo de Treinamento

5.3.3.1 Classe ParametrosRedeNeural

A classe `ParametrosRedeNeural` basicamente persiste as informações sobre os parâmetros de treinamento da rede neural que serão utilizados no momento em que esta for processada internamente pelo sistema. Entre seus atributos, estão dados que são necessários aos processos internos da API JavaSOM, conforme se pode observar na Figura 16 a seguir.

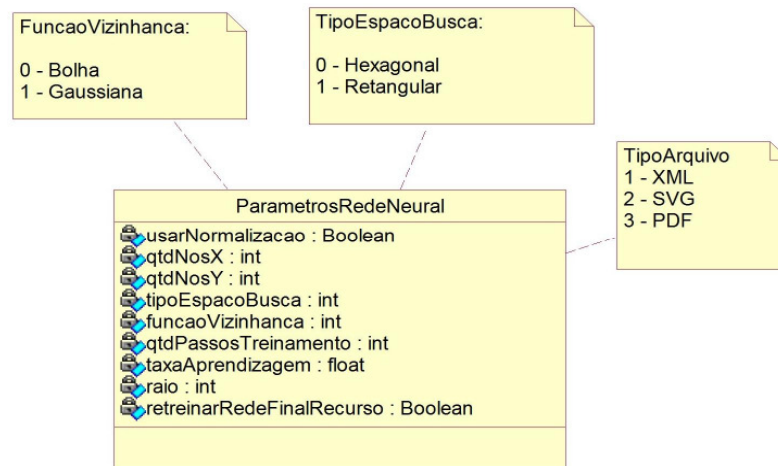


FIGURA 16: CLASSE PARAMETROSREDENEURAL

5.3.3.2 Classe Treinamento

A finalidade da classe `Treinamento` é funcionar como uma interface entre as demais classes do sistema e a API `JavaSOM` (conforme se observa na figura a seguir, a classe `Treinamento` depende da classe `JavaSOM`). Além disso, internamente ela implementa o requisito que faz a ordenação da saída do arquivo XML. A seguir, pode-se observar a modelagem da classe com suas propriedades e métodos.

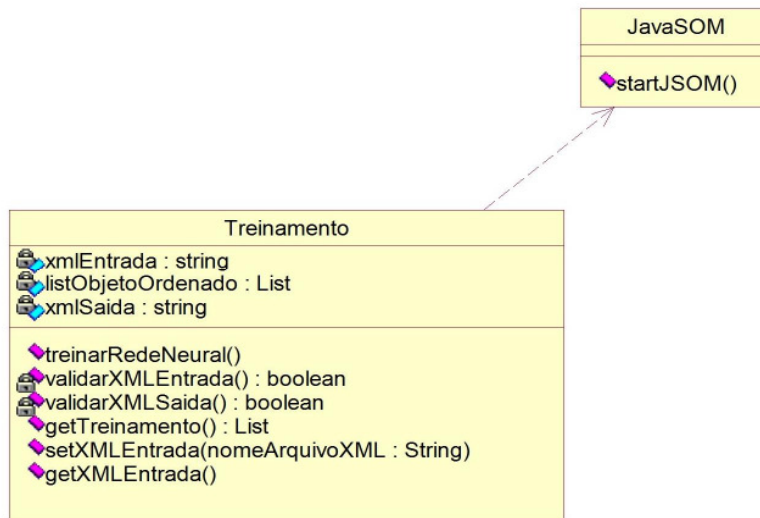


FIGURA 17: CLASSE TREINAMENTO

5.3.3.3 Classe InstituicaoEnsino

Embora não seja originalmente deste módulo, a classe `InstituicaoEnsino` (conforme se visualiza a seguir) persiste as informações pertinentes às Instituições de Ensino do Sistema. Conforme se verá no diagrama de classes do módulo a seguir, essa classe relaciona-se diretamente com a classe de Parâmetros da Rede Neural. A próxima figura mostra a estrutura básica da classe `InstituicaoEnsino`.

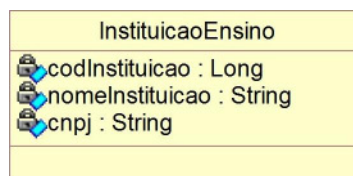


FIGURA 18: CLASSE INSTITUICAOENSINO

Na página seguinte, apresenta-se o diagrama de classes do Módulo de Treinamento.

5.3.3.4 Diagrama de Classes – Módulo de Treinamento

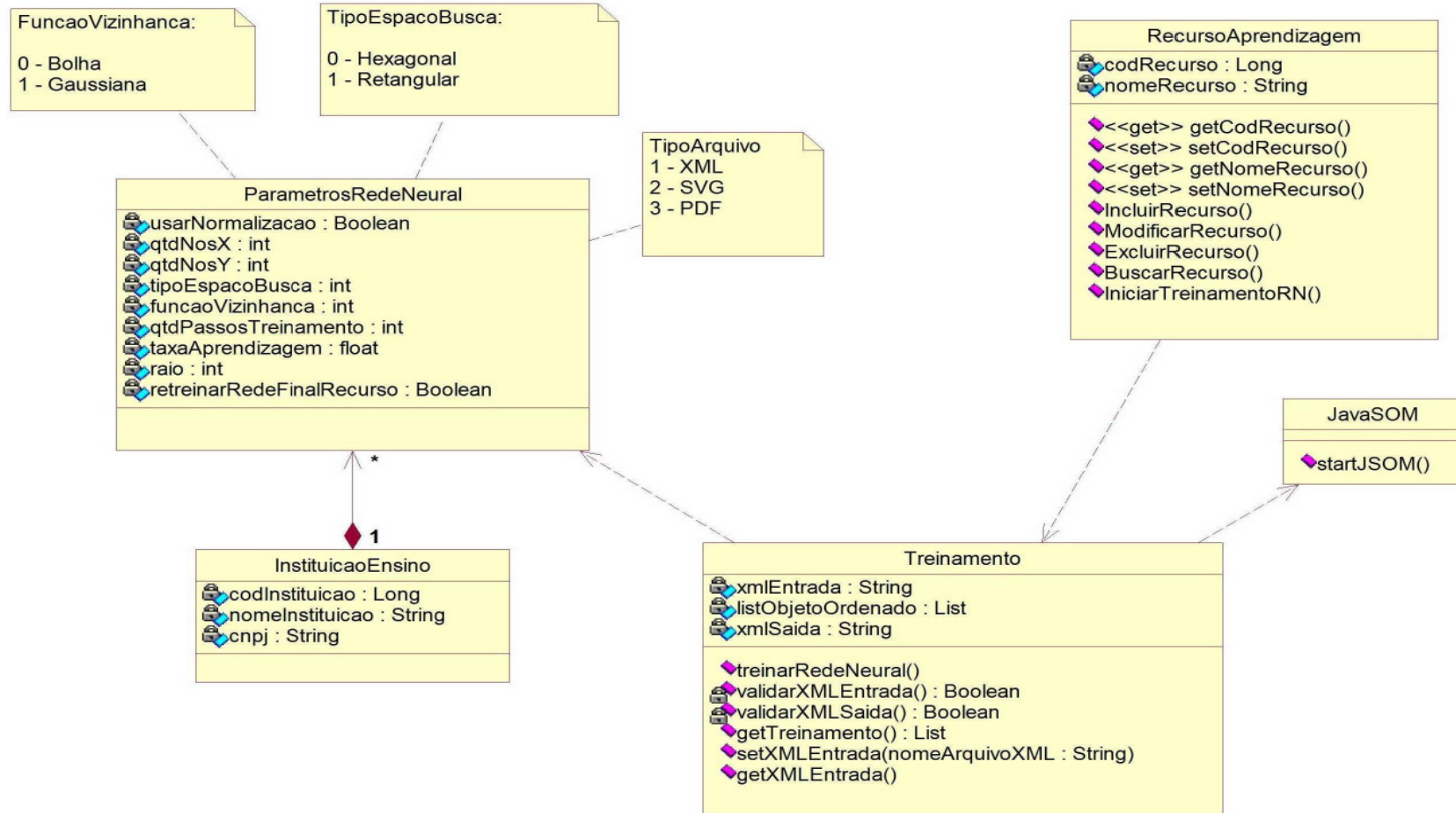


FIGURA 19: DIAGRAMA DE CLASSES DO MÓDULO DE TREINAMENTO

5.3.4 Definição das Classes - Módulo Pedagógico

5.3.4.1 Classe GrupoCurso

A classe `GrupoCurso` persiste as informações pertinentes aos Grupos de Curso do Sistema. Entre seus atributos, estão dados que são somente relativos aos Grupos de Cursos. A figura 20 mostra a estrutura básica da classe `GrupoCurso`.

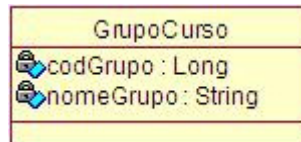


FIGURA 20: CLASSE GRUPOCURSO

5.3.4.2 Classe Curso

Já a classe `Curso` persiste as informações pertinentes aos Cursos do Sistema (os quais são agrupados pela classe anterior). Entre seus atributos, estão dados que são somente relativos aos Grupos de Cursos. A próxima figura mostra a estrutura básica da classe `Curso`.

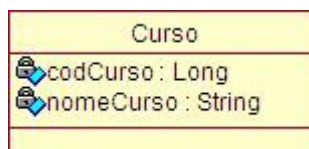


FIGURA 21: CLASSE CURSO

5.3.4.3 Classe `xmlRedeNeural`

A classe `xmlRedeNeural` é uma classe que implementa alguns métodos que realizam operações necessárias ao funcionamento do Módulo de Treinamento, como a montagem do Arquivo XML de entrada da rede. Os métodos e propriedades implementados por essa classe são:

- `MontaXMLEntradaRN`: basicamente faz a montagem do arquivo XML de acordo com as características de alunos e recursos de aprendizagem cadastrados no sistema.
- `xmlGerado`: Propriedade booleana que retorna verdadeiro se o existe arquivo XML disponível para treinamento, ou falso caso contrário.

A figura 22 ilustra a classe xmlRedeNeural:

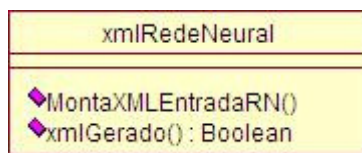


FIGURA 22: CLASSE XMLREDENEURAL

5.3.4.4 Classe RecursoAprendizagem

A classe RecursoAprendizagem persiste as informações pertinentes aos Recursos de Aprendizagem do Sistema. Entre seus atributos, estão dados que são somente relativos ao seu escopo A figura 23 mostra a estrutura básica da classe RecursoAprendizagem.

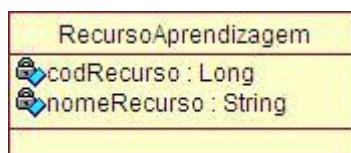


FIGURA 23: CLASSE RECURSOAPRENDIZAGEM

5.3.4.5 Classe ObjetoAprendizagem

Esta classe persiste as informações pertinentes aos Objetos de Aprendizagem (tanto informação descritiva quanto conteúdo do mesmo). De acordo com a figura 24, pode-se visualizar a estrutura básica da classe ObjetoAprendizagem.

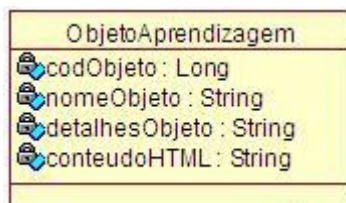


FIGURA 24: CLASSE OBJETOAPRENDIZAGEM

5.3.4.6 Classe ArquivosAnexos

A classe ArquivosAnexos persiste as informações pertinentes aos arquivos que vão anexos aos objetos de aprendizagem e dão suporte aos mesmos. Entre seus atributos, estão dados que são somente relativos às características dos arquivos A figura 25 mostra a estrutura básica da classe ArquivosAnexos

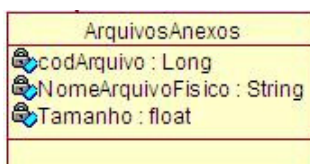


FIGURA 25: CLASSE ARQUIVOSANEXOS

5.3.4.7 Classe Educador

Assim como o próprio nome indica, a classe `Educador` persiste as informações pertinentes aos educadores do Sistema, tendo relação direta com classes como `ObjetoAprendizagem` e `RecursoAprendizagem` (conforme se verá no diagrama de classes deste módulo). Entre seus atributos, estão dados que são somente relativos ao seu escopo. A próxima figura mostra a estrutura básica da classe `Educador`.

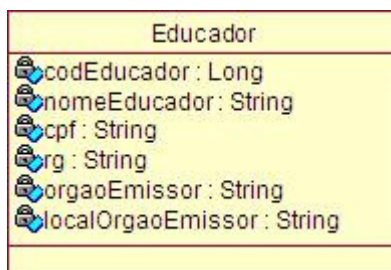


FIGURA 26: CLASSE PERSISTENTE EDUCADOR

5.3.4.8 Classe Pergunta

A classe `Pergunta` persiste as informações pertinentes às questões que são necessárias tanto para Cursos, quanto para Objetos de Aprendizagem, assim como para Avaliações (conforme se verá no diagrama de classes a seguir). Entre seus atributos, estão dados que são somente relativos ao seu escopo. A próxima figura mostra a estrutura básica da classe `Pergunta`.

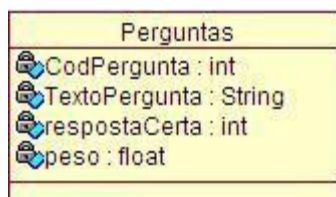


FIGURA 27: CLASSE PERGUNTA

5.3.4.9 Classe AlternativasRespostaPerguntas

A classe `AlternativasRespostaPerguntas` representa as informações pertinentes às alternativas de todas as perguntas cadastradas no sistema. Entre seus atributos, estão dados que são somente relativos ao seu escopo. A próxima figura mostra a estrutura básica da classe.

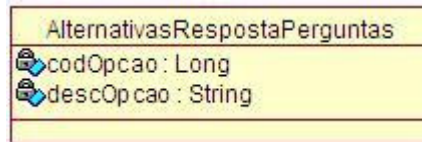


FIGURA 28: CLASSE ALTERNATIVARESPOSTAPERGUNTAS

5.3.4.10 Classe Avaliacao

A classe que contém quais avaliações um Recurso de Aprendizagem possui, assim como quais perguntas cada avaliação possui é a classe Avaliacao. Nessa classe, além de informações descritivas da avaliação, estão também representadas nas suas propriedades as informações de nota máxima e nota mínima (que serão informadas pelo educador). A Figura 29 mostra a estrutura básica da classe Avaliacao.

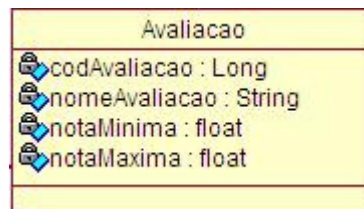


FIGURA 29: CLASSE AVALIACAO

5.3.4.11 Classe Caracteristica

A classe Caracteristica persiste as informações pertinentes às características tanto de alunos quanto de recursos de aprendizagem do sistema, estando portanto relacionada a ambas as classes. Conforme se verá no diagrama de classes ao final, ela também se relaciona com a classe AlternativasRespostaPerguntas (pois cada alternativa escolhida nas interações revela uma característica do aluno). A próxima figura mostra a estrutura básica da classe.

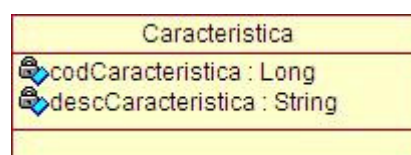


FIGURA 30: CLASSE CARACTERISTICA

5.3.4.12 Classe Aluno

A classe `Aluno` persiste as informações dos Alunos cadastrados no sistema. Basicamente, além das informações e dados básicos descritivos do aluno, o único método que vale a pena ser citado é o `ConvidarNovoAluno`. Este método (assim como os usados por sites de relacionamentos atuais) permite ao aluno que esteja on-line convidar outro aluno a ser usuário do sistema. A figura a seguir mostra a estrutura básica da classe.

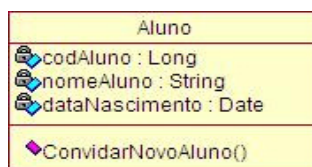


FIGURA 31: CLASSE ALUNO

5.3.4.13 Classe Endereco

A classe `Endereco` persiste as informações pertinentes aos Enderecos do sistema. Esta classe se relaciona tanto com a classe `Aluno`, quanto com a classe `InstituicaoEnsino`. Ela representa, então os endereços relacionados às duas outras classes. A próxima figura mostra a estrutura básica da classe `Endereco`.



FIGURA 32: CLASSE ALUNO

5.3.4.14 Classe Usuario

A classe `Usuario` é uma classe pertencente ao módulo pedagógico e ao módulo administrativo. Ela se relaciona com a classe `Aluno` (módulo pedagógico), com a classe `Educador` (módulo pedagógico) e a classe `Administrador` (módulo administrativo).

Esta classe representa o armazenamento dos nomes de usuários e senhas dentro do sistema. Na próxima figura, se apresenta a classe Usuario.

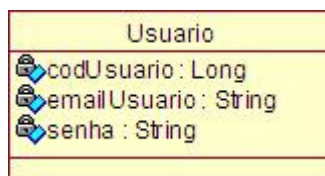


FIGURA 33: CLASSE USUARIO

Na página seguinte, apresenta-se o diagrama de classes do Módulo Pedagógico.

5.3.4.15 Diagrama de Classes – Módulo Pedagógico

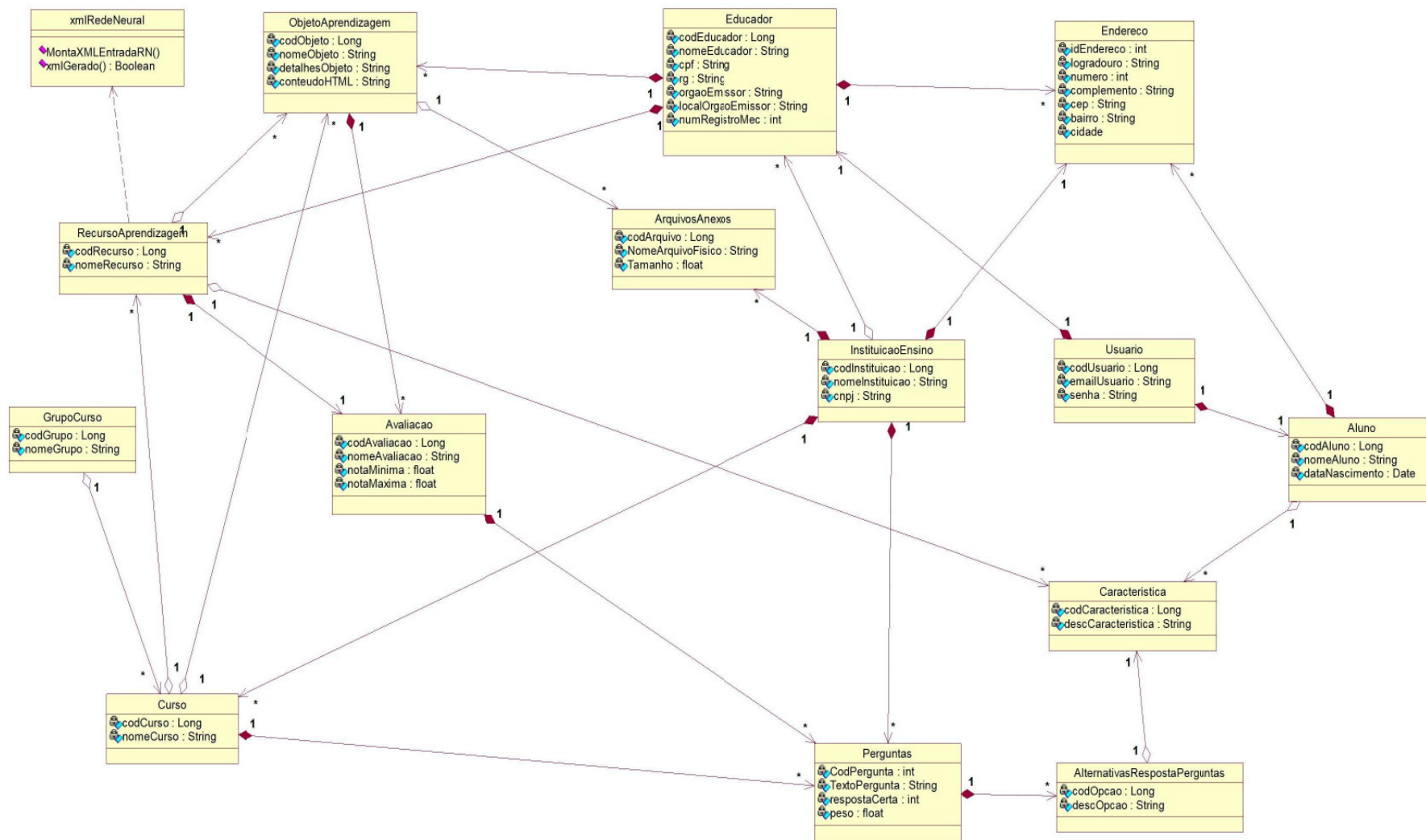


FIGURA 34: DIAGRAMA DE CLASSES DO MÓDULO PEDAGÓGICO

5.3.5 Definição das Classes - Módulo Administrativo

Todas as classes que fazem parte do Módulo Administrativo são comuns aos demais módulos, com exceção de uma classe: a classe `Administrador`. Somente alguns métodos específicos foram adicionados nas demais. Não há, portanto, necessidade de levantar e descrever novamente de forma individual as classes já anteriormente levantadas. Segue somente a documentação que se faz necessária para este módulo.

5.3.5.1 Classe `Administrador`

A classe `Administrador` persiste as informações pertinentes aos Administradores do sistema. Esta classe se relaciona tanto com a classe `Usuario`, quanto com a classe `InstituicaoEnsino`. Ela representa, então os Administradores relacionados às duas outras classes. A próxima figura mostra a estrutura básica da classe `Administrador`.

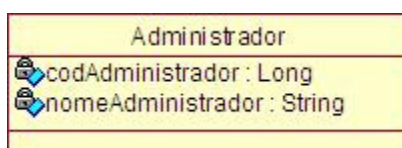


FIGURA 35: CLASSE ADMINISTRADOR

5.3.5.2 Diagrama de Classes – Módulo Administrativo

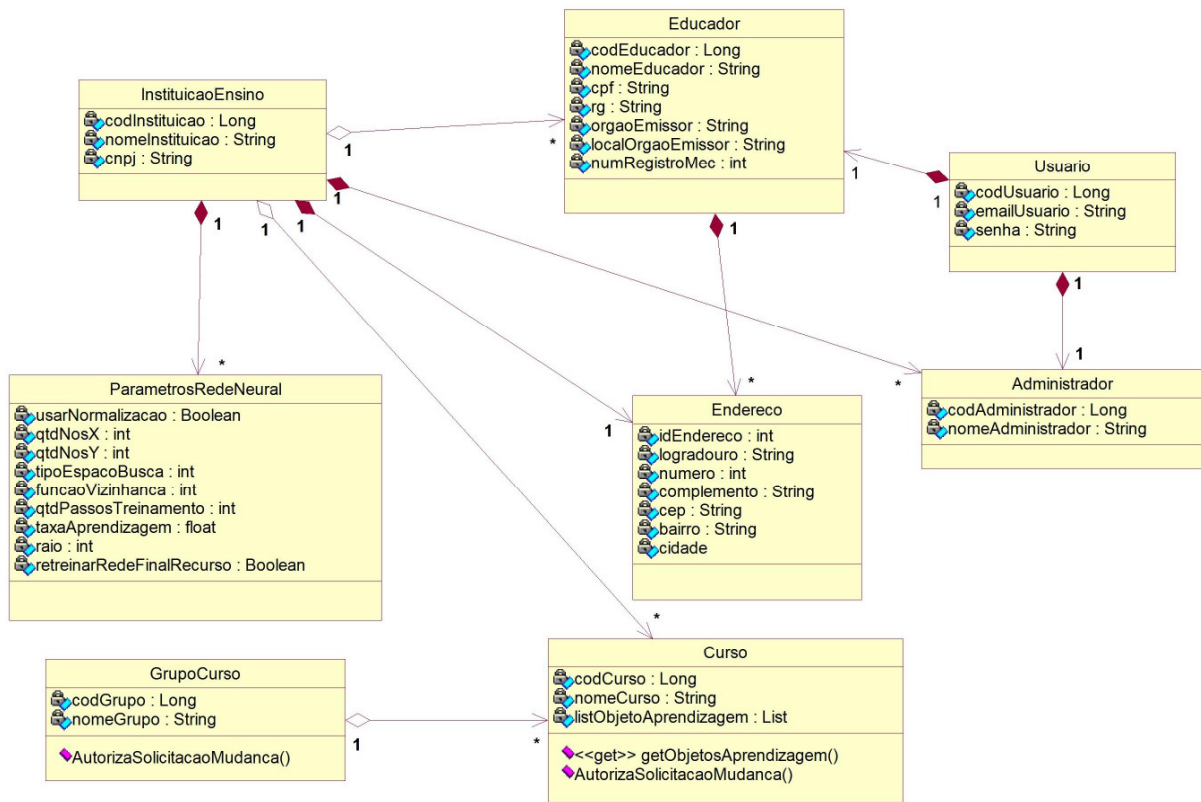


FIGURA 36: DIAGRAMA DE CLASSES DO MÓDULO ADMINISTRATIVO

Levantados os requisitos da construção do sistema (em termos de classes), é necessário agora abordar alguns aspectos físicos da implementação, como por exemplo os detalhes físicos com relação ao banco de dados (Infra-Estrutura e Modelagem de Banco), assim como servidores Web. É o que se verá agora no próximo item.

5.3.6 Levantamentos de Infra-Estrutura

5.3.6.1 Modelagem física do banco de dados

A seguir, apresenta-se o modelo físico (ou modelo entidade-relacionamento) mapeado para o sistema FenixLib17 baseado no modelo lógico de classes apresentado anteriormente.

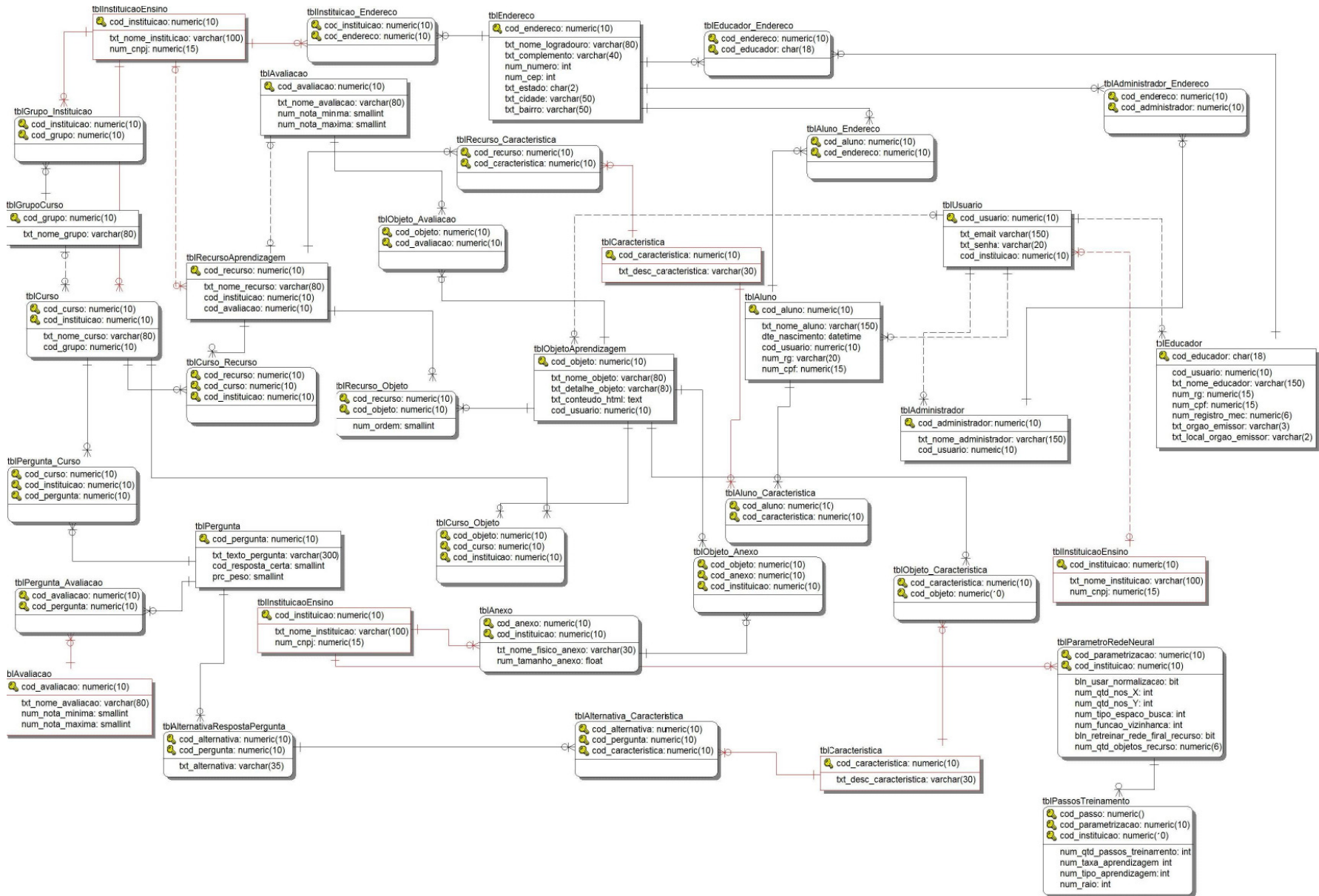


FIGURA 37: MODELO ENTIDADE-RELACIONAMENTO DO SISTEMA

5.3.6.2 Diagrama de Distribuição – Estrutura de Servidores

Conforme se observa na figura a seguir, o planejamento da implantação inclui basicamente quatro servidores: um servidor de Banco de Dados, um servidor de Aplicação Web, um servidor de Comunicação e um servidor de Firewall.

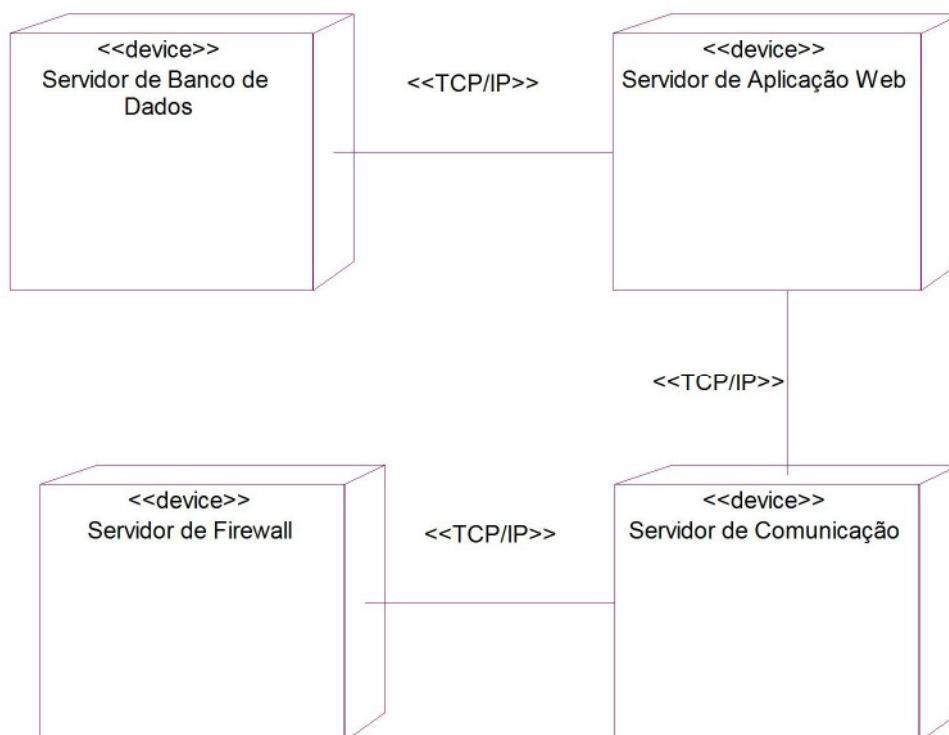


FIGURA 38: DIAGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA

5.3.7 Apresentação do protótipo desenvolvido

Nos tópicos anteriores deste capítulo, construiu-se um projeto para a implementação do sistema proposto neste trabalho. Nos próximos tópicos será apresentado um protótipo com os requisitos mínimos para demonstração deste protótipo. Dessa forma, somente serão apresentados os recursos essenciais para a visualização da ideia. Em cada tela apresentada, será detalhado, de forma sucinta, o seu funcionamento.

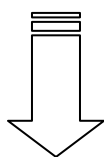
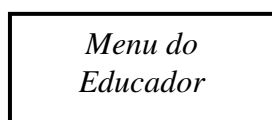
5.3.7.1 Acesso ao Sistema

Na tela de acesso ao sistema ou simplesmente tela de *Login*, o usuário informa seu endereço de *e-mail* e sua senha. Nesta tela, o intuito não é somente a autenticação do usuário, mas também o redirecionamento do mesmo para a tela inicial do sistema de acordo com seu perfil. Dependendo do perfil do usuário, poderá ser apresentado um menu específico, conforme indica a figura 39.

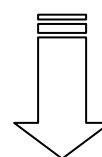
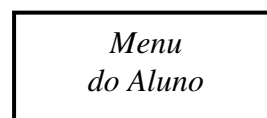


FIGURA 39: INTERFACE DE LOGIN DO SISTEMA

Dependendo do menu apresentado, ele pode conter as seguintes funcionalidades:



- Cadastrar Objetos de Aprendizagem.
- Cadastrar Características.
- Associar Objetos de Aprendizagem às Características.



- Acessar grupo de curso.
- Acessar curso.
- Visualizar objetos de aprendizagem Selecionados.

FIGURA 40: OPÇÕES DE MENU DO PROTÓTIPO

5.3.7.2 Menu do Educador

Caso o menu apresentado seja o de Educador, o usuário tem acesso às seguintes opções conforme é apresentado na figura 41.

Cadastro de Objetos de Aprendizagem

Nome Objeto:

Detalhe Objeto:

HTML

Características Cadastradas			
Código	Descrição	Alterar	Remover
1	ADOLESCENTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	ADULTO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	CRIANÇA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	SAMBA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	HIP HOP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	MPB	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	JAZZ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	NORTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	NORDESTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	SUL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	GUITARRA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	PIANO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	VIOLÃO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	CONHECE LUNDU	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	NÃO CONHECE LUNDU	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	PERCUSSÃO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	CONHECE BAIÃO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	NÃO CONHECE BAIÃO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	CONHECE CHORO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	NÃO CONHECE CHORO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Menu do Educador

Vincular Objeto de Aprendizagem a Característica			
Código	Descrição	Alterar	Remover todas características
2	A ORIGEM E SIGNIFICADO DO BAIÃO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	LUNDU	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	FORRÓ COMO REPRESENTAÇÃO POPULAR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

FIGURA 41: OPÇÕES DE MENU DE EDUCADOR

As interfaces apresentadas na figura 41, possibilitam ao Educador a manipulação das funcionalidades básicas do sistema, permitindo ao mesmo uma edição e cadastro de objetos de aprendizagem e características, assim como uma interface que permita o vínculo dos mesmos.

5.3.7.3 Menu do Aluno

Caso o perfil do usuário seja de aluno, o sistema apresenta uma interface com uma lista de grupos de cursos disponíveis. Conforme ilustra a figura 42, caso o usuário escolha um grupo de curso, automaticamente é apresentada uma lista de cursos. Caso escolha um curso, é apresentado ao usuário um questionário sobre o que o aluno sabe sobre o curso. Ao responder o questionário o sistema armazena as características do aluno vinculadas a cada resposta escolhida e treina a rede neural. Ao final, apresenta uma lista de objetos de aprendizagem ordenados pelo treinamento da rede neural. O fluxo da figura 42 demonstra esse processo.

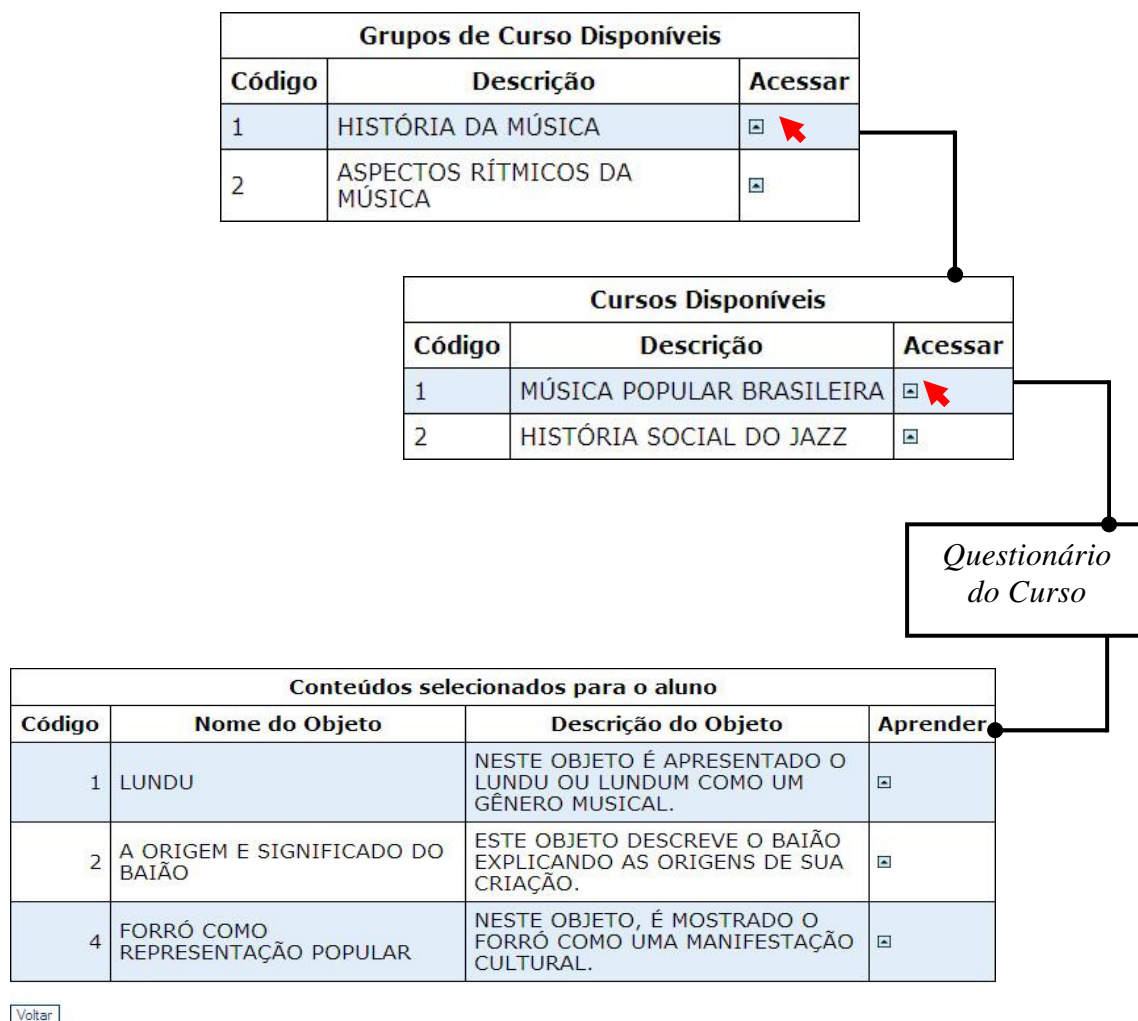


FIGURA 42: ESTRUTURA DO FLUXO DE NAVEGAÇÃO DO ALUNO

A interface de questionário do curso é apresentada no momento que o aluno escolher qual curso deseja visualizar. Nesse instante o sistema necessita saber o que o aluno sabe sobre determinado curso ou conceito. Para isso, disponibiliza um questionário com perguntas cadastradas pelo próprio educador. De acordo com as respostas informadas, o sistema automaticamente persiste no repositório de dados essas características para o aluno.

6 Considerações finais

Ao término deste trabalho, esperava-se que fosse respondida a seguinte questão de pesquisa: É possível a utilização dos mapas auto-organizáveis para aplicações educacionais? A partir disso, outras questões emergem: Como modelar uma aplicação educacional que utilize Redes de Kohonen? Os seus resultados podem ser considerados satisfatórios?

Para responder a pergunta, observou-se a princípio um número significativo de artigos científicos nacionais e internacionais favoráveis ao uso de técnicas adaptativas em aplicativos educacionais. Baseado nessa perspectiva, foi feito um levantamento apontando possíveis soluções para resolver o problema da adaptatividade do conteúdo. Ao final desta fase de trabalho foi feito um estudo comparando as características principais de cada uma, buscando assim a técnica que melhor se encaixasse na solução do problema. Dessa forma, conclui-se, baseado nos fatos apresentados na tabela 9 do capítulo 4, que a técnica dos mapas auto-organizáveis era a que melhor poderia ser adaptada ao mesmo.

Feito isso, foram levantados os principais requisitos para a construção de um aplicativo educacional que utilizasse objetos de aprendizagem adaptativos. Para construção deste modelo, partiu-se do entendimento do que é organicidade educacional e explicou-se através do capítulo dois qual a necessidade de um ensino (presencial ou não) que reflita a realidade do aluno.

Além disso, imaginaram-se também algumas possíveis variáveis de entrada apresentadas no capítulo cinco. Tais variáveis são também utilizadas no protótipo da aplicação.

A implementação do protótipo foi realizada utilizando em sua totalidade software livre. Como repositório de dados escolheu-se o *PostgreSQL 8.2* devido a sua confiabilidade operacional já ter sido destacada pela comunidade científica internacional, além da facilidade de uso e instalação do mesmo. Como servidor de aplicações, foi escolhido o *JBOSS* pela sua robustez e boa escalabilidade. Quanto à linguagem de programação aplicada, escolheu-se Java por diversos motivos. Podem ser destacados os seguintes:

- Tem *Framework* multiplataforma e de livre distribuição.
- É uma linguagem robusta e bem aceita pela comunidade científica.
- A API escolhida para implementação da rede neural é escrita em Java.

Pode-se dizer, portanto, que o objetivo do presente trabalho foi a aplicação da rede de Kohonen em um sistema educacional de forma que este possibilite com que o conteúdo educacional seja agrupado em um mapa juntamente com o aluno. Dessa forma, o aluno é aproximado do conteúdo educacional que tiver maior similaridade com o mesmo.

A rede de Kohonen utilizada para testar a aplicação possuía 11 neurônios na camada de entrada. Destes, 10 são objetos de aprendizagem e 1 é o aluno. Distribuíram-se estes neurônios em um mapa com 49 neurônios representando a camada de saída. Aplicou-se como características da entrada o conjunto de dados descritos na tabela 10 do capítulo 5. Observou-se a capacidade da rede para a formação de agrupamentos, de acordo com as entradas testadas. Para fins práticos, ainda seria necessário um estudo mais aprofundado verificando o comportamento da rede utilizando uma massa de dados reais.

Dessa forma, conclui-se que os mapas auto-organizáveis representam um recurso útil como técnica adaptativa em um sistema educativo, possibilitando dessa maneira a construção de um ordenador inteligente de conteúdos educacionais baseados nas similaridades das propriedades dos objetos de aprendizagem.

Entende-se também que originalmente a concepção da idéia deste sistema foi voltada ao desenvolvimento de um sistema de apoio a educação musical. Porém, devido ao caráter generalista de sua modelagem, conclui-se também que o sistema possa ser utilizado para outras variadas finalidades educacionais.

Como desenvolvimento de trabalhos futuros, podem ser consideradas as seguintes propostas: a evolução do protótipo para um aplicativo completo, a utilização do aplicativo em uma instituição de ensino piloto, possibilitando uma estudo de caso real para o sistema, a execução de testes e aprimoramentos dos valores dos parâmetros da rede neural. Além disso, pode-se também implementar uma versão melhorada do modelo utilizando alguma das padronizações de metadados apresentadas no capítulo 3. Pode-se também permitir uma edição mais dinâmica dos objetos de aprendizagem, através da criação de uma de interface para marcação de características no momento da criação do objeto de aprendizagem, ou seja no momento da própria edição e criação do objeto de aprendizagem, o sistema permitiria a associação de características com trechos do próprio objeto.

A partir somente dessa avaliação técnica de um software educacional pode-se esquecer do quão amplo é o processo de construção do conhecimento. Aprender música ou aprender qualquer conteúdo é muito mais do que dominar uma técnica. É ampliar sua consciência sobre o mundo e sobre si mesmo. Dessa maneira, ao se visualizar a cultura e o conhecimento, como

algo único, independente de sua área de estudo, as possibilidades para transformação do indivíduo aumentam consideravelmente.

Com base nisso, este trabalho tentou realmente buscar a interdisciplinaridade, considerando e discutindo os aspectos educacionais de forma não superficial assim como apresentando a intenção de utilização do software de maneira crítica. Considerou-se que o entendimento de conceitos como assistencialismo e massificação cultural são fundamentais para possibilitar a escolha de utilização do aplicativo. Dessa maneira uma possível extensão desta pesquisa, levando a campo e testando este aplicativo em uma instituição de ensino pública, viria contribuir com a interdisciplinaridade, na junção da educação e da computação.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, Jorge Luis Sacramento de. Ensino em Música com ênfase na experiência prévia dos alunos: um experimento com grupos de Salvador. ICTUS - Periódico do Programa de Pós-Graduação em Música da Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, v. 5, 2004. Disponível em: <<http://www.ictus.ufba.br/index.php/ictus/article/viewFile/53/96>>. Acesso em: 15 out. 2007.

ADORNO, Theodor. *Indústria cultural e sociedade*. São Paulo: Paz e Terra, 2007.

ADVANCED DISTRIBUTED LEARNING (ADL). 2006. Disponível em: <<http://www.adlnet.org>>. Acesso em: 31 jul. 2007.

BERND, Bruegge; DUTOIT, Allen H., *Object-Oriented Software Engineering using UML, Patterns, and Java*. Munich: Pearson Prentice Hall, 2004.

BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James; JACOBSON, Ivar. *UML – Guia do Usuário*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

_____. *The Unified Modeling Language Reference Manual*. EUA: Addison-Wesley, 2005.

_____. *The Unified Software Development Process*. EUA: Addison-Wesley, 1999.

BORGES, João Paulo Valdivieso; PADILHA, Thereza Patrícia Pereira. Modelagem do Processo de Aprendizado Colaborativo Através de Redes Bayesianas. In: *VII ENCONTRO DE ESTUDANTES DE INFORMÁTICA DO ESTADO DO TOCANTINS*, 2005, Palmas. Palmas, 2005.

CARDOSO, Silvia Helena; SABBATINI, Renato M. E. Como Funcionam as Células Nervosas. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999. Disponível em: <<http://www.cerebromente.org.br/n09/fundamentos/transmissao/electrical.htm>>. Acesso em: 20 out. 2006.

CESGRANRIO. Projetos Sociais. Disponível em: <<http://www.cesgranrio.org.br/projetos/sociais/sociais.html>>. Acesso em: 10 out. 2007.

CORRÊA, Ayrton Dutra et al. *Ensino de Artes: Múltiplos Olhares*, Ijuí: Unijuí, 2004.

DAMELINCOURT, Jérôme. *Modèle de Kohonen*. *VieArtificielle.com*. França. Disponível em: <<http://www.vieartificielle.com/article/?id=62>>. Acesso em: 20 out. 2006.

DOWNES, Stephen. *Learning Objects Overview*. University of Alberta. Canada. 2000. *DUBLIN CORE METADATA INITIATIVE (DCMI)*. 2007. Disponível em: <<http://dublincore.org>>. Acesso em: 24 jul. 2007.

EID, Farid. Descentralização do Estado, Economia Solidária e Políticas Públicas: construção da cidadania ou reprodução histórica do assistencialismo?. In: *Anais do XI FIEALC – Federação Internacional de Estudos sobre América Latina e Caribe*. Osaka, Japão, Setembro de 2003

- FAUSETT, L. V. *Fundamentals of Neural Networks*, New Jersey: Prentice-Hall PTR, 1994.
- FERREIRA, Tania Maria Ximenes. *Hip hop e educação: mesma linguagem, múltiplas falas*. 2005. 110 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- FIORENTINI, Leda Maria Rangel et al. *Linguagem e interatividade na educação a distância*. Rio de Janeiro: DP&A, 2003.
- FRF – Fundação Raimundo Fagner. Projeto “Aprendendo com Arte”. Disponível em: <<http://www.frfagner.com.br/index1.htm>>. Acesso em: 15 out. 2007.
- FRANCISCO, Claudia Aparecida Cavalheiro. *Rede de Kohonen: Uma ferramenta no estudo das relações tróficas entre as espécies de peixes*. 2004. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- FREIRE, Paulo. *Educação & Atualidade Brasileira*. São Paulo: Cortez, 2003.
- _____. *Pedagogia da Autonomia: Saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- _____. *Pedagogia do Oprimido*. São Paulo: Paz e Terra, 2005.
- GENTILI, Pablo et al. *Pedagogia da Exclusão – Crítica ao neoliberalismo na educação*. São Paulo: Vozes, 2002.
- GIARRATANO, Joseph; RILEY, Gary. *Experts Systems – Principles and Programming*. EUA: PWS Publishing Company, 1998.
- GOLDEMBERG, Ricardo. Educação musical: a experiência do canto orfeônico no Brasil, 2002. Disponível em: <<http://www.samba-choro.com.br/debates/1033405862>>. Acesso em: 04 out. 2007.
- GOMES, Nilma Lino. Os jovens rappers e a escola: a construção da resistência. Texto Apresentado na reunião da ANPED, 1996.
- HAYKIN, S. *Neural Networks: a Comprehensive Foundation*. New Jersey: Prentice-Hall, 1999.
- HOBBSAWM, Eric J. *História social do JAZZ*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2007.
- HODGINS, W. Reusable learning objects – building blocks of the new learning economy. Disponível em: <<http://www.learnativity.com/speaking.html>>. Acesso em: 18 jul. 2007.
- IEEE Learning Technology Standard Committee (IEEE-LTSC). Draft Standard for Learning Object Metadata. Disponível em: <http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2007.
- JACKSON, Peter. *Introduction to EXPERT SYSTEMS*. EUA: Addison Wesley, 1990.

- KELLER, Robert. *Tecnologia de Sistemas Especialista – Desenvolvimento e Aplicação*. São Paulo: Makron Books, 1991.
- KOHONEN, T., *Self-Organizing Maps*, Berlin: Springer-Verlag, 2001.
- KONRATH, Maria Lúcia Pedroso et al. “Nós no Mundo”: Objeto de Aprendizagem voltado para o 1º Ciclo do Ensino Fundamental. CINTED – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, V. 4, Julho, 2006. Disponível em: <http://www.cinted.ufrgs.br/renote/jul2006/artigosrenote/a2_20139.pdf>. Acesso em: 17 out. 2007.
- LONGMIRE, W. *A Primer On Learning Objects*. American Society for Training & Development. Virginia. EUA, 2001.
- LOUREIROR, A. M. A., O Ensino da Música na Escola Fundamental: Dilemas e Perspectivas. *Revista do Centro de Educação da UFSM*, v. 28, nº 1, Santa Maria, RS, 2003.
- LÜHNING, Angela Elizabeth. A educação musical e a música da cultura popular. *ICTUS - Periódico do Programa de Pós-Graduação em Música da Universidade Federal da Bahia*, Salvador, BA, v. 1, 1999. Disponível em: <<http://www.ictus.ufba.br/index.php/ictus/article/viewFile/2/7>>. Acesso em 16 out. 2007.
- MARQUES, Roberto Ligeiro; DUTRA, Inês. Redes Bayesianas: o que são, para que servem, algoritmos e exemplos de aplicações. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.cos.ufrj.br/~ines/courses/cos740/leila/cos740/Bayesianas.pdf>> Acesso em: 27 nov. 2006.
- MINTO, César Augusto. *Legislação educacional e Cidadania virtual – anos 90*. 1996. 413 f. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1996.
- MIRANDA, Marcio Nunes de. Algoritmos Genéticos: Fundamentos e Aplicações. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Grupo de Telemetria e Automação, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.gta.ufrj.br/~marcio/genetic.html>>. Acesso em: 19 jan. 2007.
- MITCHELL, Melanie. *An Introduction to Genetic Algorithm*. EUA: MIT Press, 1998.
- MOTOROLA. Inserção Social por meio da música – Projeto Guri. Disponível em: <<http://www.motorola.com/content.jsp?globalObjectId=8053>>. Acesso em 15 out. 2007.
- MUZIO, J.; HEINS, T.; MUNDELL, R. *Experiences with Reusable eLearning Objects: From Theory to Practice*. Victoria, Canadá. 2001.
- NETO, Luis Garcia Palma; NICOLETTI, Maria do Carmo. *Introdução às Redes Neurais Construtivas*. São Carlos: Edufscar, 2005.
- NGUYEN, Hung T. WALKER, Elbert A. *A first course in Fuzzy Logic*. EUA: Chapman & Hall/CRC, 2000.
- OLIVEIRA, Vera Barros de. *Informática em Psicopedagogia*. São Paulo: SENAC, 1999.

PAPPA, Gisele Lobo. *Seleção de atributos utilizando algoritmos genéticos multiobjetivos*. 2002. 75 f. Dissertação (Mestrado em informática aplicada) – Pontifícia Universidade Católica, Curitiba, 2002.

PERES, Carlos Augusto. *Organização do trabalho pedagógico em Educação Física: Relações com o Mundo do Trabalho*. 2006. 74 f. Monografia (Bacharelado em Educação Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PEROTTO, Filipo Studzinski. Modelagem do Conhecimento, Sistemas Especialistas e o Projeto SEAMED. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. Disponível em: <http://www.sbc.org.br/reic/edicoes/2001e1/cientificos/Modelagem_do_Conhecimento_Sistemas_Especialistas_e_o_Projeto_SEAMED.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2006.

PESSANHA, Eurize Caldas; DANIEL, Maria Emília Borges; MENEGAZZO, Maria Adélia. Da história das disciplinas escolares à história da cultura escolar: uma trajetória de pesquisa. *Revista Brasileira de Educação*, Mato Grosso do Sul, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbedu/n27/n27a04.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2007.

POZO, Aurora et al. Computação Evolutiva. Grupo de Pesquisas em Computação Evolutiva. Departamento de Informática. Universidade Federal do Paraná. Paraná, 2007. Disponível em: <<http://www.inf.ufpr.br/aurora/tutoriais/Ceapostila.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2007.

ROSS, Timothy J. *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. Chennai, India: Wiley, 2004.

RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. *Inteligência Artificial*. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

ROUSSINOV, D. G.; CHEN, H. Information navigation on the web by clustering and summarizing query results, *Information Processing and Management*, 37(6): 789-816, 2001.

SAMBA-CHORO. Parceria entre governo do Rio e escola de música de Zeca Pagodinho. Disponível em: <<http://www.samba-choro.com.br/s-c/tribuna/samba-choro.0205/0641.html>>. Acesso em: 15 out. 2007.

SILVA, Patric Ferreira da. *Uso de rede de Kohonen para a clusterização de Objetos de Aprendizagem*. 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2007.

SILVEIRA, Amadeu da et al. *Software livre e inclusão digital*. São Paulo: Corad, 2003.

SUURONEN, Tomi. *Java2 Implementation of Self-Organizing Maps based on Neural Networks utilizing XML based Application Languages for Information Exchange and Visualization*. Espoo: Vantaa Institute of Technology Department, 2001.

SWANWICK, K., *Music, Mind and Education*. Routledge, 1988.

TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach et al. Reusabilidade de objetos educacionais. Rio Grande do Sul: CINTED – Centro Interdisciplinar de novas tecnologias em educação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

Disponível em: <http://www.cinted.ufrgs.br/renote/fev2003/artigos/marie_reusabilidade.pdf>
Acesso em: 23 jul. 2007.

TANSCHKEIT, Ricardo. Sistemas Fuzzy. Rio de Janeiro, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.ica.ele.puc-rio.br/cursos/download/ICA-Sistemas%20Fuzzy.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2007.

TOMASZ, Dominik Gwiazda. *Genetic Algorithms Reference Volume I – Crossover for single-objective numerical optimization problems*, Polónia, 2006.

TORRES, Carlos Alberto. *Pedagogia da Luta. Da Pedagogia do Oprimido à Escola Pública Popular*. Campinas: Papirus, 1997.

VASCONCELOS, Nivaldo Antônio Portela de. *Mapas Auto-Organizativos e suas Aplicações*. 2000. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

VIGOTSKI, Lev Semenovich. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

WANGENHEIM, Aldo Von. Reconhecimento de Padrões. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/~awangenh/RP/subsimbolicas1.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2006.

WILEY, D. A. *Learning Objects Design and Sequenceing Theory*. 2000. Tese de Doutorado. Brigham Young University. Provo, EUA, 2000.

_____. *Learning Objects: Difficulties and Opportunities*. Utah State University. Utah, EUA, 2005. Disponível em: <http://opencontent.org/docs/lo_do.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2007.

WELLER, Wivian. O hip hop como possibilidade de inclusão e de enfrentamento da discriminação e da segregação na periferia de São Paulo. *CADERNO CRH*, Salvador, v. 17, n. 40, p. 103-116, Jan./Abr, 2004.

ZADEH, Lotfi A.; KACPRZYK, Janusz. *Computing with Words in Information/Intelligent Systems 1: Foundations (Studies in Fuzziness and Soft Computing)*. EUA: Physica-Verlag, 1999.

Bibliografia

BEAUMONT, M. T.; Fonseca, S. G, O Ensino de Música nas Séries Iniciais do Ensino Fundamental: Saberes E Práticas Escolares. In: *Anais da 26ª Reunião Anual da ANPED*, Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Educação. Poços de Caldas, MG, outubro/2003.

CASTILHO, E. G. Ensino de Música. *Revista Online Bibl. Prof. Joel Martins*, v.2, no.2, 2001, p.181-192.

CHEN, C-H; PAREKH, R. G; YANG J.; BALAKRISHNAN, K.; HONAVAR, V. Analysis of Decision Boundaries Generated by Constructive Neural Network Learning Algorithms, Iowa State University, EUA. Disponível em: <<http://archives.cs.iastate.edu/documents/disk0/00/00/01/02/00000102-01/TR95-12.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2006.

DOUGLAS, Korry. *PostgreSQL: Developers Library*. EUA: Pearson, 2003.

GRACIANI, Maria Stela S. *Pedagogia Social de Rua*. São Paulo: Cortez, 2005.

HOWARD, Walter. *A música e a criança*. São Paulo: Summus, 1984.

JACOBI, Jonas; FALLOWS John. *Pro JSF and AJAX: Building Rich Internet Components*. New York: Apress, 2006.

KARTALOPOULOS, Stamatios V. *UNDERSTANDING NEURAL NETWORKS AND FUZZY LOGIC*. New Jersey: IEEE Press, 1995.

LÉVY, Pierre. *As Tecnologias da Inteligência: O Futuro do Pensamento na era da Informática*. São Paulo: 34, 1993.

OJA, E. KASKI, S. *Kohonen Maps*. Amsterdam: 1999.

PEARL, Judea; RUSSEL, Stuart. *Bayesian Networks*. Los Angeles, University of California, UCLA Cognitive Systems Laboratory - Technical Report, 2000.

ROMANELLI, Otaiza de Oliveira. *História da Educação no Brasil*. São Paulo: Vozes, 2001.

SCHWARCZ, Lilia Moritz. *O espetáculo das raças – Cientistas, instituições e questão racial no Brasil*. São Paulo: Companhia das Letras, 1993.

SEVERINO, Antonio Joaquim. *Educação, sujeito e história*. São Paulo: Olho d'água: 2002.

WATERMAN, D. A. *Guide to Expert Systems*. Addison-Wesley, 1986.

APÊNDICES

Apêndice A – Definição de Requisitos do Módulo de Treinamento

- *Executar processo de treinamento da API JavaSOM*

Descrição:

Tem a finalidade de manipular os objetos da API JavaSOM, verificar os parâmetros de treinamento (gravados pelo módulo administrativo) e dar início ao processo de treinamento do objeto (baseado no arquivo XML construído pelo módulo pedagógico) Caso o arquivo XML não exista o sistema apresenta uma mensagem avisando o fato ao usuário, redirecionando o mesmo ao início do recurso de aprendizagem corrente. O ponto de início de cada treinamento pode ser parametrizado no módulo pedagógico.

Caso o arquivo esteja fora do padrão esperado pela API Java, o sistema emite uma mensagem avisando o problema ao usuário, redirecionando o mesmo à lista de cursos disponíveis.

Diagrama de Atividade:

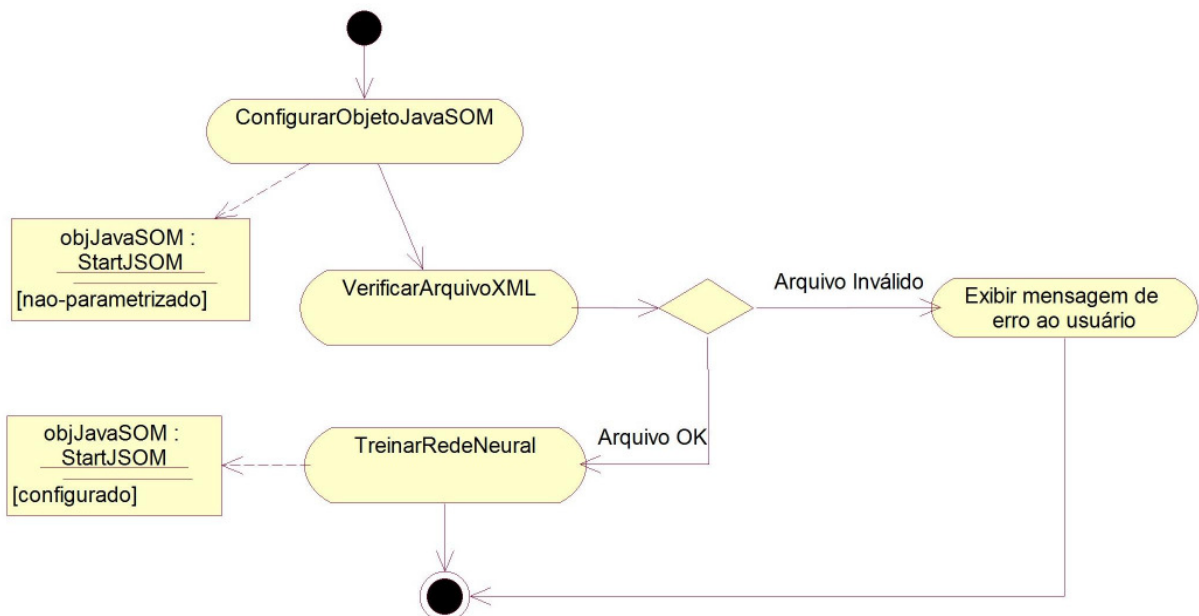


FIGURA 43: DIAGRAMA DE ATIVIDADE EXECUTARJAVASOM

- *Transformar o arquivo XML (de saída) em um objeto de dados ordenados*

Descrição:

Neste processo a meta é ler o arquivo disponibilizado ao fim do processo de treinamento da rede neural e transformá-lo em uma estrutura de dados dinâmica para que sua manipulação (na apresentação do conteúdo programático) seja facilitada. Dessa maneira, os objetos que fazem acesso direto aos conteúdos dos objetos de aprendizagem limitam seu escopo de trabalho somente na busca e apresentação do conteúdo.

Caso o arquivo XML não exista (se ocorrer algum problema na criação do arquivo XML pelo processo de treinamento da rede neural), o sistema emite uma mensagem avisando o problema ao usuário, mostra uma mensagem de erro ao usuário e redireciona o mesmo à página inicial do sistema.

Diagrama de Atividade:

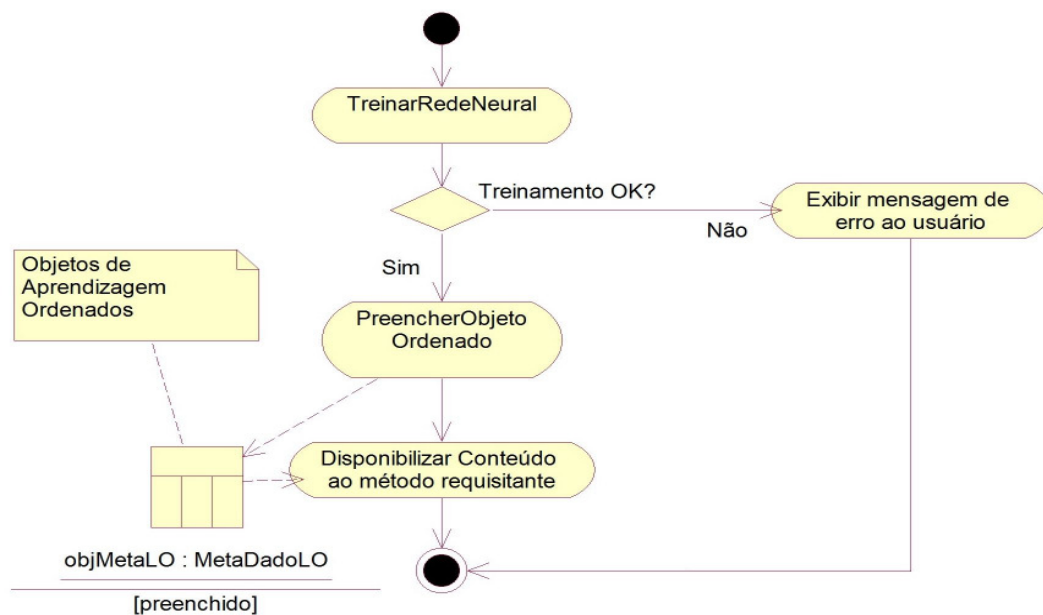


FIGURA 44: DIAGRAMA DE ATIVIDADE TRANSFORMARXMLOBJETO

Apêndice B – Modelo de arquivo XML de saída da Rede Neural

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
- <jsommap>
  - <meta creationdate="2007-03-22">
    <datafile code="demonstration" date="2002-09-19" />
    <project code="K3Q532DA213S" name="Implementacao de uma rede de
      Kohonen para tratamento de perfil pedagogico de alunos de musica" />
    <author name="Fabiano Rodrigues Ferreira" organization="Universidade
      Mackenzie" />
  </meta>
  - <map height="300" width="505">
    <mapnode label="Aluno A, Objeto de Aprendizagem X" x="30" y="30" />
    <mapnode x="60" y="30" />
    <mapnode x="90" y="30" />
    <mapnode x="120" y="30" />
    <mapnode x="150" y="30" />
    <mapnode x="180" y="30" />
    <mapnode x="210" y="30" />
    <mapnode label="Objeto de Aprendizagem Y" x="240" y="30" />
    <mapnode x="270" y="30" />
    <mapnode x="300" y="30" />
    <mapnode x="330" y="30" />
    <mapnode label="Objeto de Aprendizagem Z" x="360" y="30" />
    <mapnode x="390" y="30" />
    <mapnode x="420" y="30" />
    <mapnode x="450" y="30" />
    <mapnode x="45" y="55" />
    <mapnode x="75" y="55" />
    <mapnode x="105" y="55" />
    <mapnode x="135" y="55" />
    <mapnode x="165" y="55" />
    <mapnode x="195" y="55" />
    <mapnode x="225" y="55" />
    <mapnode x="255" y="55" />
    <mapnode x="285" y="55" />
    <mapnode x="315" y="55" />
    <mapnode x="345" y="55" />
    <mapnode x="375" y="55" />
    <mapnode x="405" y="55" />
    <mapnode x="435" y="55" />
    <mapnode x="465" y="55" />
  </map>
</jsommap>
```

LISTAGEM 1: EXEMPLO DO ARQUIVO XML DE SAÍDA DA REDE NEURAL

Apêndice C – Definição de Requisitos do Módulo Pedagógico

- *Construir o arquivo XML de entrada da Rede Neural*

Ator(es):

- Aluno do Sistema.

Pós-condições:

Não há.

Descrição:

Esse processo ocorre após o aluno já ter terminado de informar seu conhecimento inicial sobre o curso escolhido. Tem a finalidade de coletar as informações disponibilizadas pelo usuário (tanto no momento do cadastro inicial de seu conhecimento sobre o curso, quanto na navegação do mesmo), armazenando as características do usuário em um repositório de dados específico. A cada novo início de curso, no momento em que o sistema tem que decidir qual objeto de aprendizagem deve apresentar, é feita uma leitura desse repositório de dados onde estão armazenadas as características do usuário conectado e, juntamente com as informações pertinentes aos recursos de aprendizagem cadastrados, o sistema monta o arquivo XML, disponibilizando-o para os processos do módulo de treinamento. Caso nenhum objeto de aprendizagem tenha sido cadastrado, o sistema apresenta uma mensagem de crítica, avisando ao usuário que o software não pode continuar, pois os dados que permitem a completa utilização do sistema não foram previamente cadastrados.

Diagrama de Atividade:

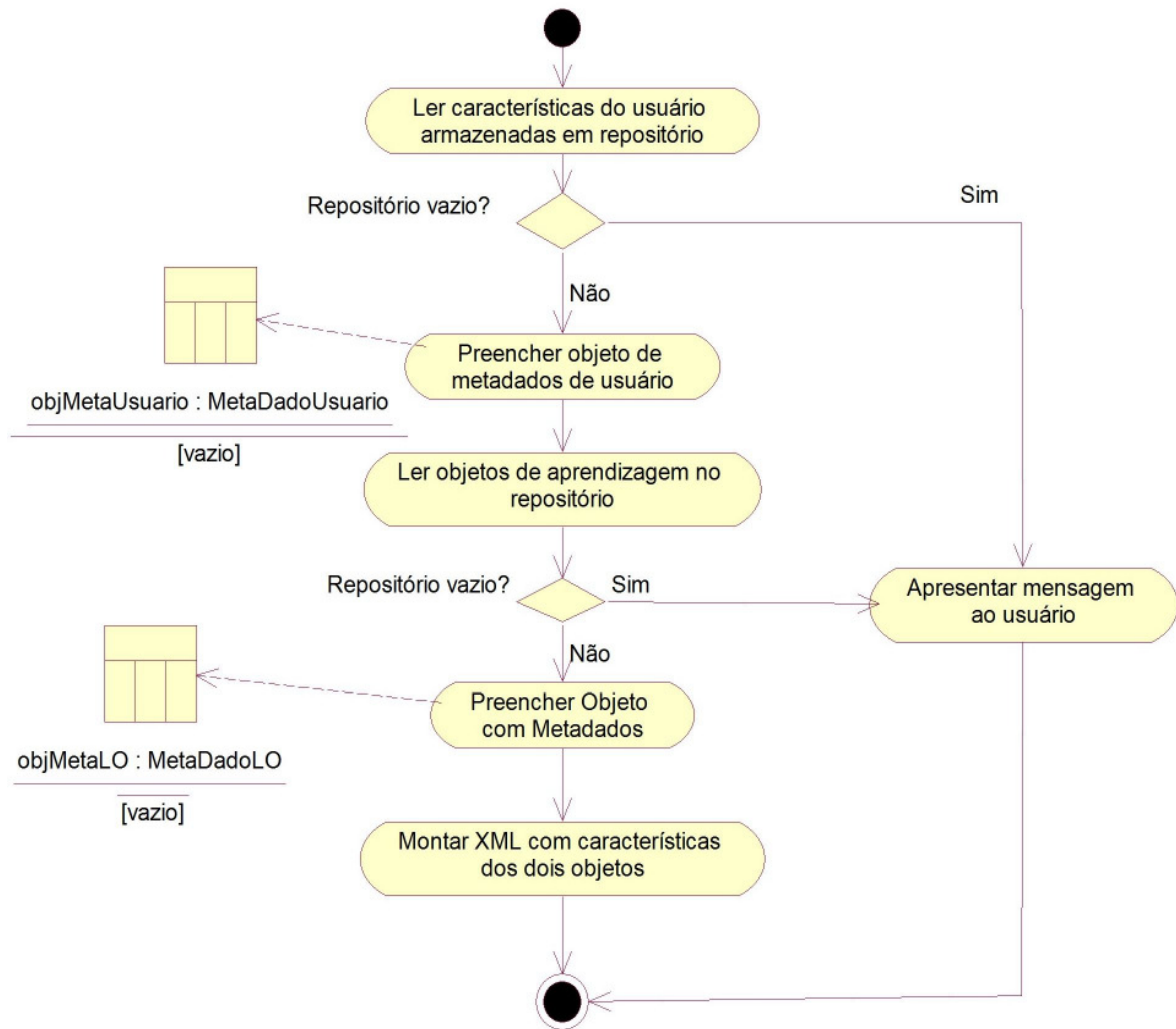


FIGURA 45: DIAGRAMA DE ATIVIDADE MONTAXMLENTRADARN

Exemplo de Estrutura do arquivo XML construído:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<!DOCTYPE jsom (View Source for full doctype...)>
- <jsom>
- <pref>
- <meta date="2002-09-19" code="demonstration">
- <author>
  <name>Fabiano Rodrigues Ferreira</name>
  <organization>Universidade Mackenzie</organization>
</author>
- <project>
  <name>Implementacao de uma rede de Kohonen para tratamento
    de perfil pedagogico de alunos de musica</name>
  <code>K3Q532DA213S</code>
</project>
</meta>
- <dimension>
  <dim_type>adolescente</dim_type>
  <dim_type>adulto</dim_type>
  <dim_type>criança</dim_type>
  <dim_type>samba</dim_type>
  <dim_type>hip hop</dim_type>
  <dim_type>mpb</dim_type>
  <dim_type>Jazz</dim_type>
  <dim_type>Norte</dim_type>
  <dim_type>Nordeste</dim_type>
  <dim_type>Sul</dim_type>
  <dim_type>Sudeste</dim_type>
  <dim_type>Guitarra</dim_type>
  <dim_type>Piano</dim_type>
</dimension>
</pref>
- <data>
- <node label="João Carlos Borges">
  <dim type="adulto">1</dim>
  <dim type="mpb">1</dim>
  <dim type="Jazz">1</dim>
  <dim type="Guitarra">1</dim>
  <dim type="Nordeste">1</dim>
</node>
- <node label="Objeto de Aprendizagem X">
  <dim type="adolescente">1</dim>
  <dim type="mpb">1</dim>
  <dim type="samba">1</dim>
  <dim type="Piano">1</dim>
</node>
- <node label="Objeto de Aprendizagem Y">
  <dim type="adulto">1</dim>
  <dim type="Nordeste">1</dim>
  <dim type="Jazz">1</dim>
  <dim type="mpb">1</dim>
  <dim type="Piano">1</dim>
</node>
</data>
</jsom>
```

LISTAGEM 2: EXEMPLO DO ARQUIVO XML DE ENTRADA DA REDE NEURAL

No exemplo de arquivo XML do sistema proposto na página anterior, são informadas características comuns entre os elementos da rede e as características individuais de cada elemento. Conforme se pode observar, as características comuns são mostradas na tag <dimension>. Essa tag (com os nós filhos) especifica a dimensionalidade da seção data do arquivo, ou seja qual será o domínio das características dos nós da rede agrupados. Esse domínio é identificado através da tag <dim_type>. É nessa tag que realmente são descritas tais características.

Na tag <data> são informados os dados que serão agrupados nos mapas. A tag <node label> representa uma descrição de determinado nó de saída dentro do mapa. Dentro dela serão informadas as características que descrevem cada nó. Essas características são delimitadas através da tag <dim type>. Essas tags contêm informações tanto do perfil do aluno como do perfil dos objetos de aprendizagem que se encontram no repositório dinâmico. Quanto maior o número de objetos de aprendizagem do estudo selecionado pelo aluno, maior será a quantidade de tags <node label> no arquivo XML.

- ***Buscar metadados reunindo informação de objetos de aprendizagem de determinado curso após treinamento da rede***

Descrição:

Para se entender melhor a necessidade deste requisito é preciso compreender o seguinte fluxo (que descreve o que exatamente acontece momentos antes e depois do treinamento da rede neural): assim que o aluno conclui a visualização de um Objeto de Aprendizagem (levando-se em consideração que ele tenha sido aprovado na avaliação deste Objeto), o sistema apresenta ao aluno as seguintes opções:

- Continuar no curso corrente:
Neste caso, o sistema pode se comportar de duas maneiras distintas (de acordo com sua parametrização). Caso o parâmetro Retreinar Rede ao Término do Objeto de Aprendizagem (dentro da configuração de parâmetros de sistema) esteja configurado como verdadeiro, a rede é treinada novamente (com base nas características mais recentes tanto do aluno como dos Objetos de Aprendizagem). Neste momento é feita uma busca no repositório de dados de objetos, para que os metadados sobre tais objetos (selecionados para exibição

pela rede) sejam organizados num objeto e assim possam ser mais facilmente acessados. Caso o parâmetro Retreinar Rede ao Término do Recurso de Aprendizagem esteja configurado como falso, tal objeto de metadados não é atualizado (sendo apresentado automaticamente o próximo objeto elencado para exibição, segundo o último treinamento da rede neural).

- Finalizar curso atual e iniciar outro curso disponível:

Se o usuário selecionar esta opção o sistema vai redirecioná-lo à sua página inicial (com seus cursos previamente selecionados). Se o usuário selecionar um curso para ser apresentado o ciclo começa novamente. Ou seja, é apresentada uma tela para que o usuário possa cadastrar seus conhecimentos no curso solicitado. O sistema com base nessas informações treina a rede neural e somente depois disso é que o objeto (em memória), que armazena os metadados sobre os objetos de aprendizagem cadastrados no repositório, é preenchido. Ou seja, de qualquer maneira o objeto de metadados só é preenchido após o treinamento da rede.

Observação:

Deve-se ressaltar que o diagrama de atividades a seguir indica apenas as atividades relevantes à busca e preenchimento do objeto de metadados dos objetos de aprendizagem. As demais atividades (relacionadas nos dois tópicos da descrição anterior) que não estão explicitadas neste diagrama simplesmente não fazem parte do escopo do mesmo. Só foram explicitadas para uma melhor visualização do todo.

Diagrama de Atividade:

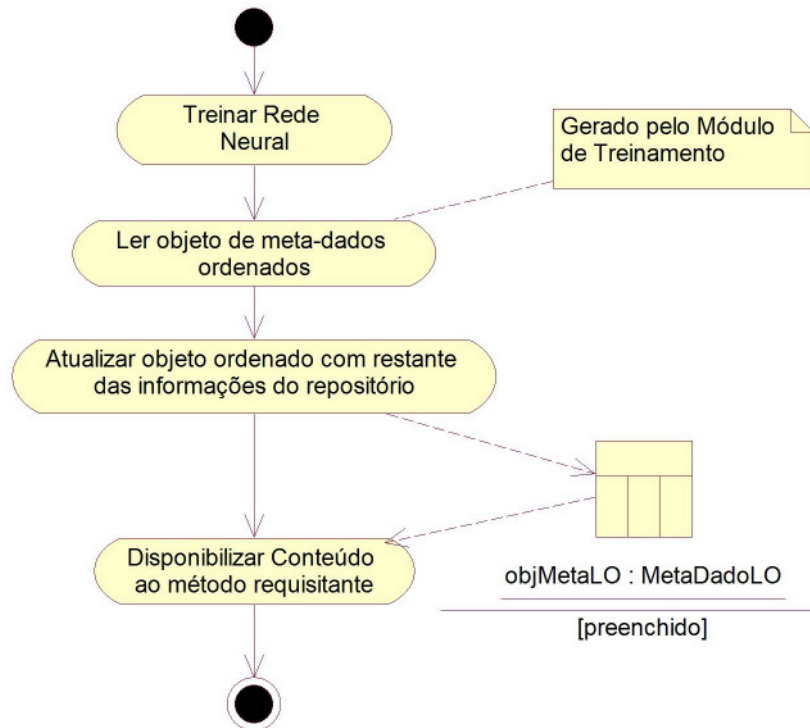


FIGURA 46: DIAGRAMA DE ATIVIDADE BUSCARMETADADOSLO

- **Fazer a diagramação e montagem do conteúdo dos Objetos de Aprendizagem**

Ator(es):

- Aluno do Sistema.

Pré-condições:

- Há a necessidade do aluno já ter terminado a etapa de aprendizagem corrente (interagindo com o conteúdo e informando, assim, suas características) ou ter terminado de informar seu cadastro inicial (no caso de um novo usuário no sistema).
- Necessário que o Módulo de Treinamento tenha finalizado o processo de treinamento da rede neural, assim como tenha também disponibilizado o conteúdo do Arquivo XML em um objeto de metadados ordenados.

Pós-condições:

Não há.

Descrição:

Neste processo a finalidade principal é disponibilizar o conteúdo dos objetos de aprendizagem armazenados ao usuário. Tem-se esse requisito como sendo o centro do sistema (comunicando diretamente o usuário final com a rede neural). A meta é fazer a montagem da página ao usuário de acordo com os parâmetros retornados pelo treinamento da rede [Exceção: Treinamento não gerou dados]. Ou seja, esse processo monta o conteúdo do objeto de acordo com padrão de cores, folhas de estilo (CSS) e formatações pertinentes ao ensino do objeto de aprendizagem corrente.

Exceções/fluxos alternativos:

[Treinamento não gerou dados]: Neste caso, o sistema emite uma mensagem de crítica, avisando ao usuário que o software não pode continuar, pois os dados do usuário ainda não foram corretamente processados. Após a mensagem, o aluno é redirecionado automaticamente à página inicial do sistema.

Diagrama de Atividade:

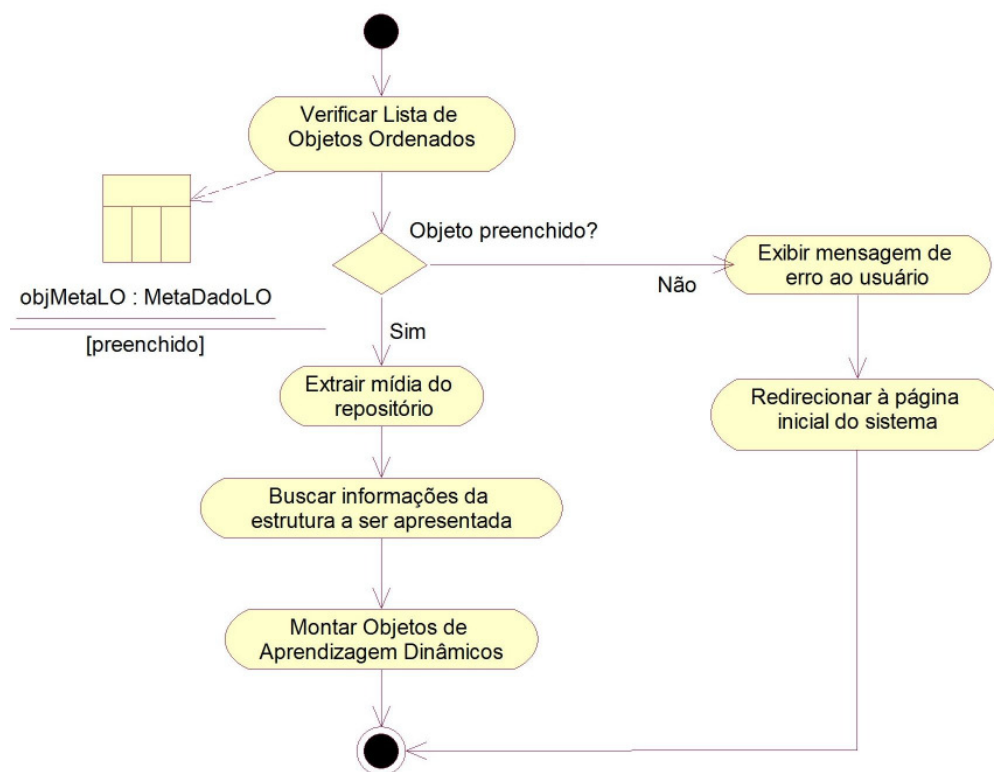


FIGURA 47: DIAGRAMA DE ATIVIDADE MONTAROBJETOS

- **Cadastrar informações básicas**

Ator(es):

- Aluno do Sistema.

Pré-condições:

- Necessário que o aluno informe todos seus dados básicos solicitados como obrigatórios, assim como nome completo e endereço, etc.

Pós-condições:

Não há.

Descrição:

O intuito do cadastro de informações básicas do aluno é permitir ao mesmo cadastrar as informações relativas aos seus dados básicos [Exceção: Dados básicos obrigatórios não preenchidos], tais como: nome, endereço, telefones de contato. O intuito desse cadastro é preencher os dados básicos para que o administrador do sistema tenha um controle do mesmo.

Exceções/fluxos alternativos:

[Dados básicos obrigatórios não preenchidos]: Casos os dados básicos obrigatórios não tenham sido preenchidos, o sistema apresenta uma mensagem de crítica, avisando ao usuário que não poderá gravar as informações dessa maneira.

Diagrama de Atividades:

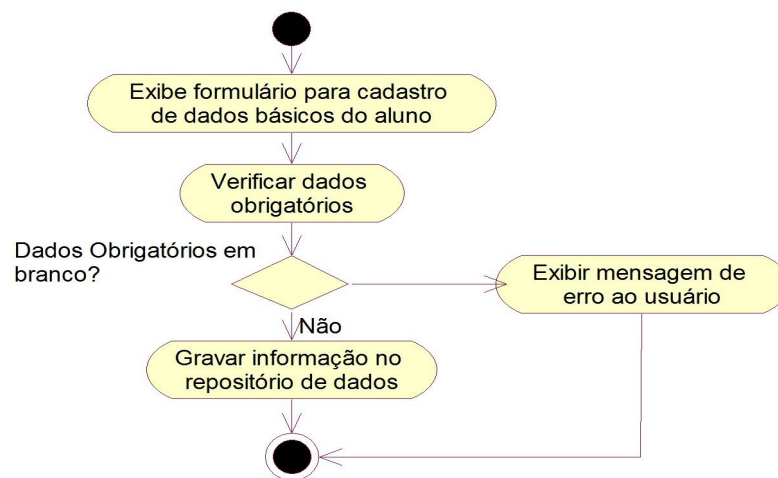


FIGURA 48: DIAGRAMA DE ATIVIDADE CADASTRAR DADOS BÁSICOS DO ALUNO

- ***Realizar avaliação para progredir para o próximo objeto de aprendizagem***

Ator(es):

- Aluno do Sistema.

Pré-condições:

- Necessário que o aluno preencha a avaliação cadastrada pelo educador.

Pós-condições:

Não há.

Descrição:

O processo de avaliação do aluno (conforme apresentado a seguir através do diagrama de atividades) ocorre sempre como etapa seguinte a apresentação do objeto de aprendizagem. O sistema seleciona no repositório de dados as questões cadastradas pelo educador para objeto, assim como as suas respectivas respostas e então disponibiliza para que o aluno escolha as respostas. Se o aluno obtiver nota inferior àquela cadastrada como nota mínima pelo educador (na soma ponderada de seus pontos), ele recebe uma mensagem indicando que os pontos de sua avaliação são insuficientes para que passe para o próximo recurso. O sistema sugere, então, que o aluno retorne ao objeto de aprendizagem, disponibilizando o link para tal. Se a nota obtida pelo aluno, ao contrário, for igual ou superior à nota mínima cadastrada pelo educador, o sistema passa para o próximo objeto de aprendizagem (de acordo com a resposta da rede neural).

Exceções/fluxos alternativos:

Não há.

Diagrama de Atividade:

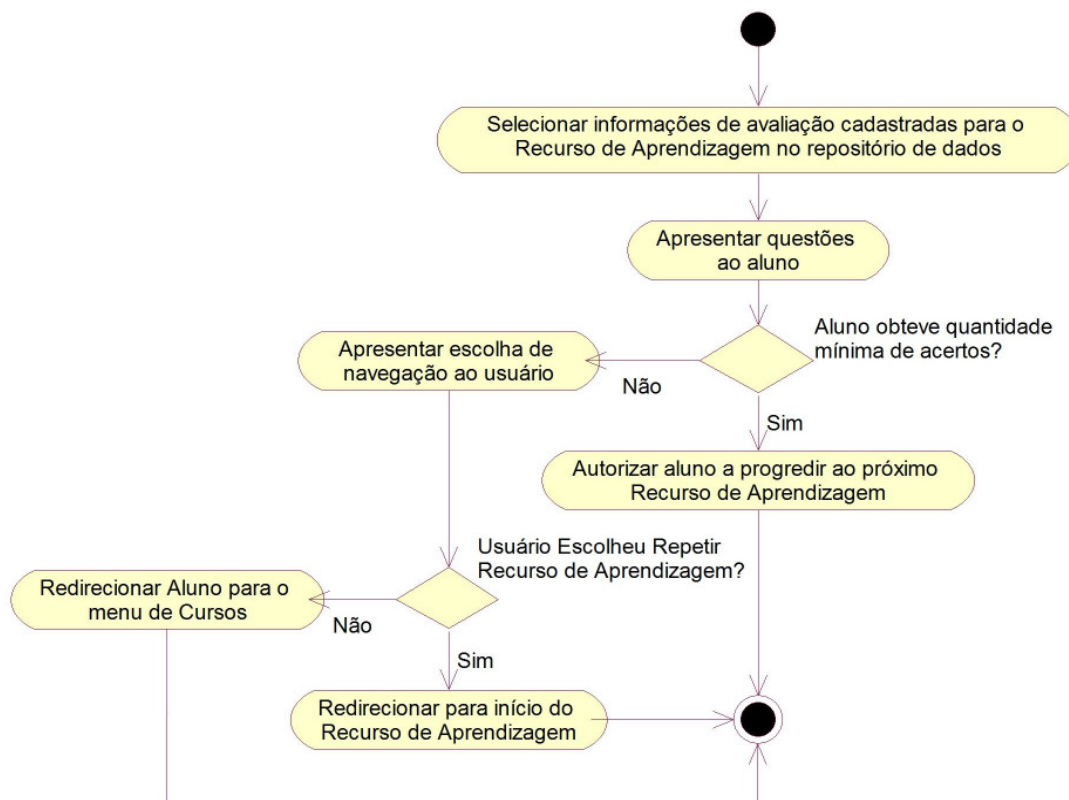


FIGURA 49: DIAGRAMA DE ATIVIDADE BUSCARMETADADOSLO

- **Manter características gerais**

Ator(es):

- Educador do Sistema

Pré-condições:

- O campo “Descrição da Característica” não pode estar branco.
- O campo “Tipo de Característica” deve ser escolhido.

Pós-condições:

Não há.

Descrição:

Este processo permite ao educador realizar a manutenção nas informações de domínio [Exceção: Descrição da característica em branco] [Exceção: Nenhum tipo de característica escolhido] das características (tanto de recursos de aprendizagem, quanto de alunos) do sistema. Ou seja, possibilita que o educador modifique as características de alunos e de recursos de aprendizagem do sistema, possibilitando assim que o sistema apresente, da maneira mais próxima, a realidade dos alunos.

[Descrição da característica em branco]: Neste caso, o sistema apresenta uma mensagem de crítica, avisando ao usuário que a descrição da característica informada não pode estar em branco e que não poderá gravar as informações dessa maneira.

[Nenhum tipo de característica escolhido]: Caso o educador não tenha selecionado nenhum tipo de característica (Aluno ou Recurso de Aprendizagem), o sistema apresenta uma mensagem de crítica, avisando ao usuário que o tipo de característica deve ser escolhido, e que não poderá gravar as informações dessa maneira.

Diagrama de Atividade:

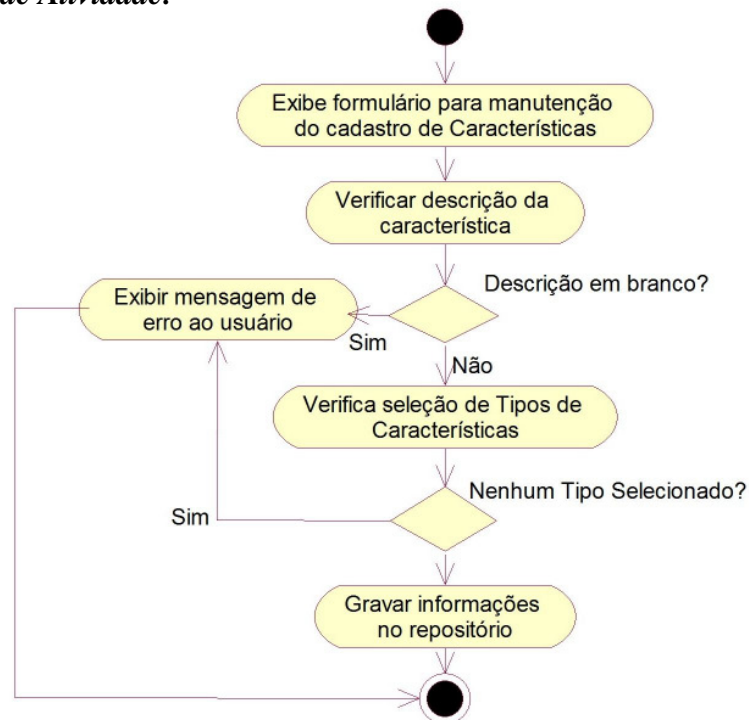


FIGURA 50: DIAGRAMA DE ATIVIDADE MANTERCARACTERISTICASGERAIS

- ***Manter objetos de aprendizagem***

Ator(es):

- Educador do Sistema

Pré-condições:

- O campo “Nome do Objeto” não pode estar em branco.
- O campo “Conteúdo do Objeto” não pode estar em branco.
- Deve-se informar também qual o tipo de mídia anexa ao objeto se está cadastrando. Exemplo: Texto, Vídeo, Som, etc.
- Deve ser escolhida uma avaliação disponível ao Objeto de Aprendizagem.
- Deve ser escolhido no mínimo um curso para conter o Objeto de Aprendizagem.

Pós-condições:

Não há.

Descrição:

Este processo permite ao Educador disponibilizar os objetos de aprendizagem dentro do sistema de modo que o mesmo possa editar o conteúdo da maneira que melhor atenda a sua necessidade e conveniência. [Exceção: Nome do Objeto em branco] [Exceção: Tipo do Objeto não escolhido]. Tecnicamente falando o sistema disponibiliza uma interface (parecida com um editor de texto) onde o educador edita o conteúdo textual e adiciona arquivos anexos (imagens, vídeos, sons, documentos pdf ou documentos do Office) que já foram previamente enviados (por uma interface que será descrita a seguir, no requisito Manter Arquivos Anexos) para as pastas do sistema. Após a edição, o educador seleciona também uma avaliação para vincular ao Objeto de Aprendizagem [Exceção: Avaliação não escolhida], assim como um Curso onde o objeto estará contido [Exceção: Curso não escolhido]. É possível também, através desta interface, que o educador informe quais serão as características vinculadas ao objeto de aprendizagem corrente.

Exceções/fluxos alternativos:

[Nome do Objeto em branco]: Neste caso, o sistema apresenta uma mensagem de crítica, avisando ao usuário que o nome do objeto informado não pode estar em branco e que não poderá gravar as informações dessa maneira.

[Tipo do Objeto não escolhido]: Caso o tipo do objeto não tenha sido escolhido o sistema apresenta uma mensagem de crítica, avisando ao usuário que o tipo de objeto não pode estar em branco e que não poderá gravar as informações dessa maneira.

[Avaliação não escolhida]: Caso a avaliação do objeto não tenha sido escolhida, o sistema apresenta uma mensagem de crítica, avisando ao usuário que ela não pode estar em branco e que não poderá gravar as informações dessa maneira.

[Curso não escolhido]: Caso os curso do objeto não tenham sido escolhidos, o sistema apresenta uma mensagem de crítica, avisando ao usuário que deverá ao menos selecionar um curso e que não poderá gravar as informações dessa maneira.

Diagrama de Atividade:

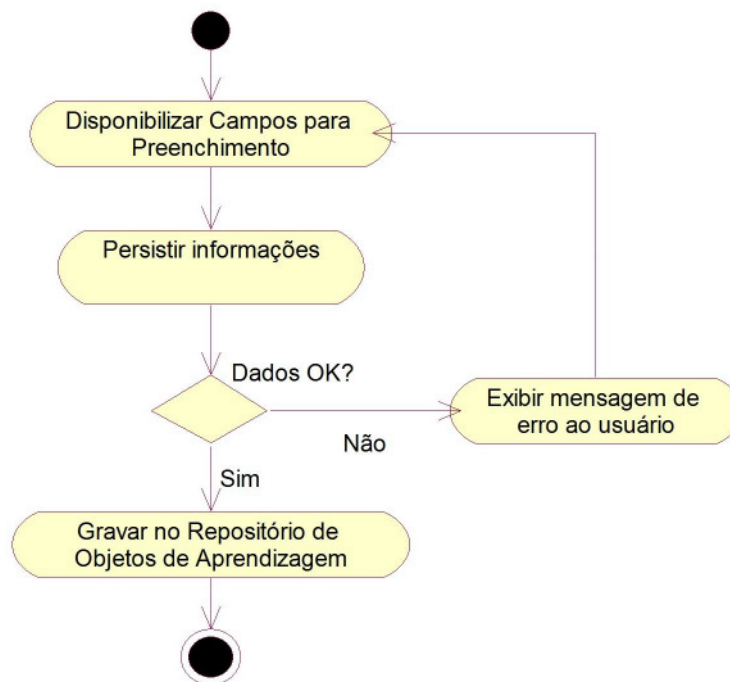


FIGURA 51: DIAGRAMA DE ATIVIDADE CADASTRAR OBJETO APRENDIZAGEM

- ***Manter Arquivos Anexos***

Ator(es):

- Educador do Sistema.

Pré-condições:

- Há a necessidade que o arquivo que esteja sendo cadastrado não exista no sistema.

Pós-condições:

Não há.

Descrição:

A finalidade principal do cadastro de Anexos é permitir o *upload* (ou envio) de algum arquivo que poderá ser usado por um ou muitos objetos de aprendizagem. Através da interface o educador pode cadastrar um arquivo anexo novo [Exceção: Anexo já existe no repositório] [Exceção: Tamanho do arquivo excede o máximo permitido pelos parâmetros do sistema] [Exceção: Tamanho do arquivo excede o tamanho permitido para os cursos desta instituição de ensino], ou excluir um arquivo anexo (que não esteja sendo usado por nenhum recurso de aprendizagem), conforme demonstra o diagrama da figura 52.

Exceções/fluxos alternativos:

[Anexo já existe no repositório]: Caso o anexo que se deseje copiar já esteja cadastrado no repositório, o sistema emite uma mensagem de erro ao usuário e não copia novamente o arquivo para o repositório.

[Tamanho do arquivo excede o máximo permitido pelos parâmetros do sistema]: Caso o tamanho do arquivo exceder o tamanho máximo cadastrado nos parâmetros do sistema para a instituição de ensino do curso corrente, uma mensagem de erro é executada e o arquivo não é copiado.

[Tamanho do arquivo maior do que o espaço restante em disco para Instituição de Ensino]: Caso o tamanho do arquivo exceder o espaço máximo cadastrado nos parâmetros do

sistema para a instituição de ensino do curso corrente, uma mensagem de erro é executada e o arquivo não é copiado.

Observação:

O espaço em disco (cota em disco para a instituição de ensino) assim como os demais parâmetros relativos à unidade de ensino são cadastrados e mantidos pelo módulo administrativo, dentro do cadastro de Instituições de Ensino, conforme se verá mais a frente, no requisito **Manter instituições de ensino** do Apêndice D.

Diagrama de Atividade:

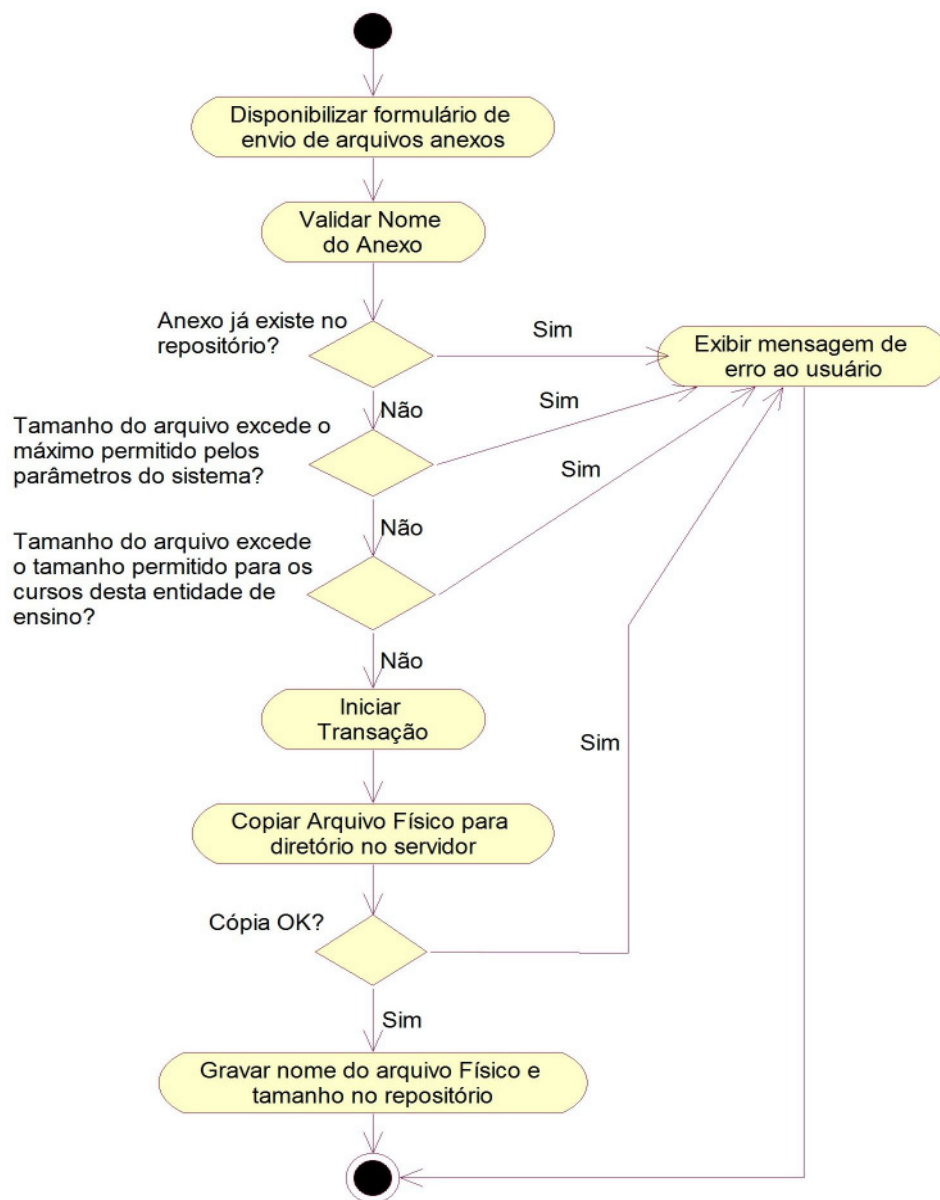


FIGURA 52: DIAGRAMA DE ATIVIDADE MANTER ARQUIVOS ANEXOS

- ***Manter Avaliações***

Ator(es):

- Educador do Sistema.

Pré-condições:

- Há a necessidade que o nome da avaliação não esteja em branco.
- Necessário também que se cadastre no mínimo uma pergunta por avaliação e que essa pergunta possua um peso associado a ela, assim como possua também no mínimo duas alternativas e uma resposta.
- Necessário que o educador defina também a nota mínima da avaliação.

Pós-condições:

Não há.

Descrição:

A finalidade principal da manutenção de avaliações é poder cadastrar um conjunto de uma ou mais questões que serão usadas no processo de avaliação do aluno sempre ao término de cada Objeto de Aprendizagem [Exceção: Descrição da Avaliação em Branco].

O Sistema, para então realizar a manutenção dessas avaliações disponibiliza uma interface para que o educador cadastre ou exclua uma avaliação, cadastre perguntas [Exceção: Nenhuma pergunta adicionada], respostas [Exceção: Quantidade de alternativas menor que duas], pesos [Exceção: Peso não preenchido] e nota mínima para ser aprovado na avaliação [Exceção: Nota mínima não preenchida].

Exceções/fluxos alternativos:

[Descrição da Avaliação em branco]: Neste caso, o sistema apresenta uma mensagem de crítica, avisando ao usuário que a descrição da avaliação informada não pode estar em branco e que não poderá gravar as informações dessa maneira.

[Nenhuma pergunta adicionada]: Caso, durante o processo de cadastro, o educador não tenha adicionado nenhuma pergunta, o sistema apresenta uma mensagem de crítica, avisando

ao usuário que a quantidade mínima de perguntas cadastradas é uma e que não poderá gravar as informações dessa maneira.

[Quantidade de alternativas menor que duas]: Se durante o processo de cadastro, o educador tenha somente fornecido uma alternativa, o sistema apresenta uma mensagem de crítica, avisando ao usuário que a quantidade mínima de alternativas a serem cadastradas são duas e que não poderá gravar as informações dessa maneira.

[Peso não preenchido]: Neste caso, o sistema apresenta uma mensagem de crítica, avisando ao usuário que o peso da avaliação informada não pode estar em branco e que não poderá gravar as informações dessa maneira.

[Nota mínima não preenchida]: Neste caso, o sistema apresenta uma mensagem de crítica, avisando ao usuário que a nota mínima da avaliação informada não pode estar em branco e que não poderá gravar as informações dessa maneira.

[Somatório de Pontos Totais não é igual com a nota mínima]: Neste caso, o sistema apresenta uma mensagem de crítica, avisando ao usuário que reveja o somatório gerado pela ponderação informada e a nota mínima cadastrada e que não poderá gravar as informações dessa maneira.

Diagrama de Atividades:

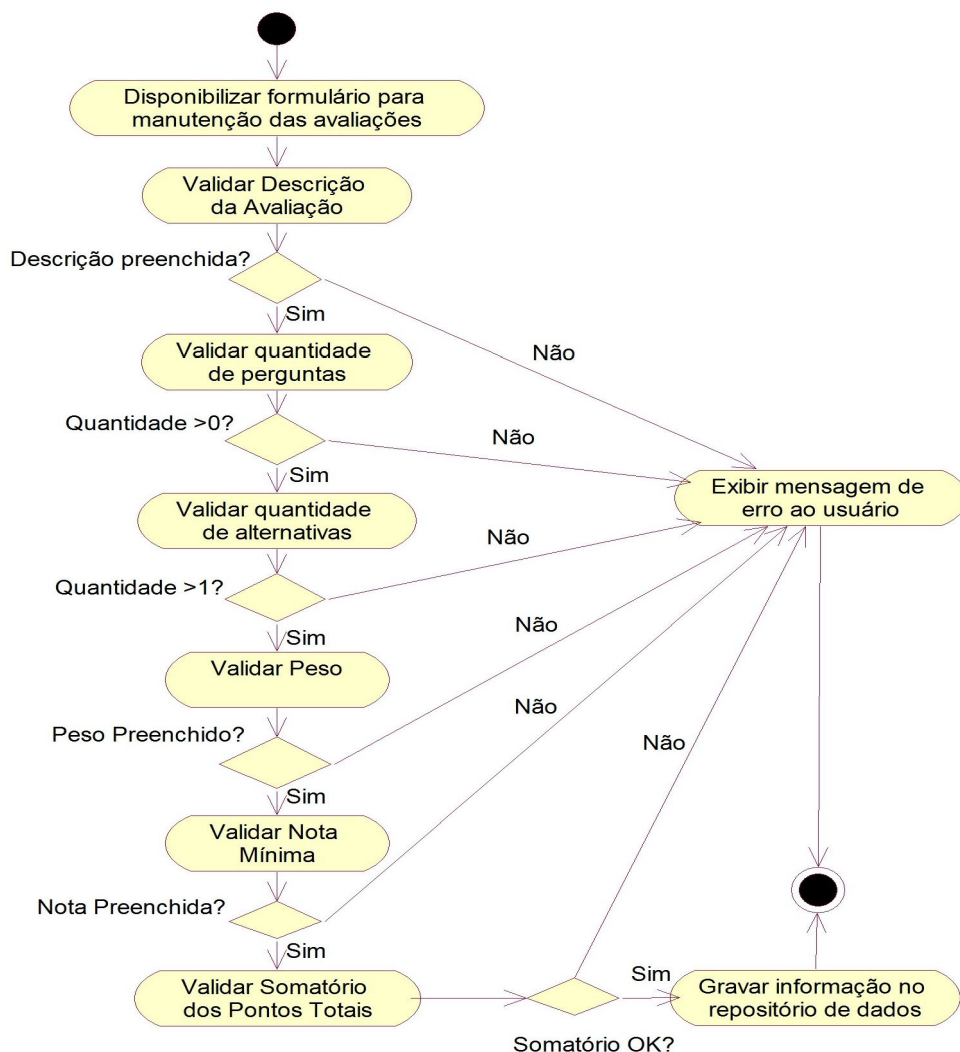


FIGURA 53: DIAGRAMA DE ATIVIDADE MANTERÁVALIACOES

- **Manter Recursos de Aprendizagem**

Ator(es):

- Educador do Sistema.

Pré-condições:

- Há a necessidade que o nome do Recurso de Aprendizagem seja preenchido.
- Necessário que o Recurso de Aprendizagem tenha no mínimo um Objeto de Aprendizagem selecionado.
- Necessário selecionar qual avaliação o Recurso de Aprendizagem vai utilizar.

Pós-condições:

Não há.

Descrição:

Cadastrar, editar ou excluir Recursos de Aprendizagem nada mais é do que poder dar manutenção aos agrupamentos de Objetos de Aprendizagem. O intuito deste requisito é a criação de uma interface onde o educador possa cadastrar um novo recurso de aprendizagem, ou seja, possibilita ao educador fazer um agrupamento de objetos, de acordo com sua necessidade [Exceção: Nome do Recurso em branco], selecionando para ele um ou mais Objetos de Aprendizagem já cadastrados [Exceção: Nenhum Objeto de Aprendizagem selecionado], assim como selecionando também a avaliação para ele [Exceção: Nenhuma avaliação selecionada].

Exceções/fluxos alternativos:

[Nome do Recurso em branco]: Neste caso, o sistema apresenta uma mensagem de crítica, avisando ao usuário que o nome do Recurso de Aprendizagem informado não pode estar em branco e que não poderá gravar as informações dessa maneira.

[Nenhum Objeto de Aprendizagem selecionado]: Caso o educador não tenha selecionado nenhum Objeto de Aprendizagem para este Recurso de Aprendizagem, o sistema apresenta uma mensagem de alerta, avisando ao usuário que é necessário que ele escolha no mínimo um Objeto de Aprendizagem e que não poderá gravar as informações dessa maneira.

[Nenhuma Avaliação selecionada]: Caso o educador não tenha selecionado nenhuma Avaliação para este Recurso de Aprendizagem, o sistema apresenta uma mensagem de crítica, avisando ao usuário que é necessário que ele escolha no mínimo uma Avaliação e que não poderá gravar as informações dessa maneira.

Diagrama de Atividades:

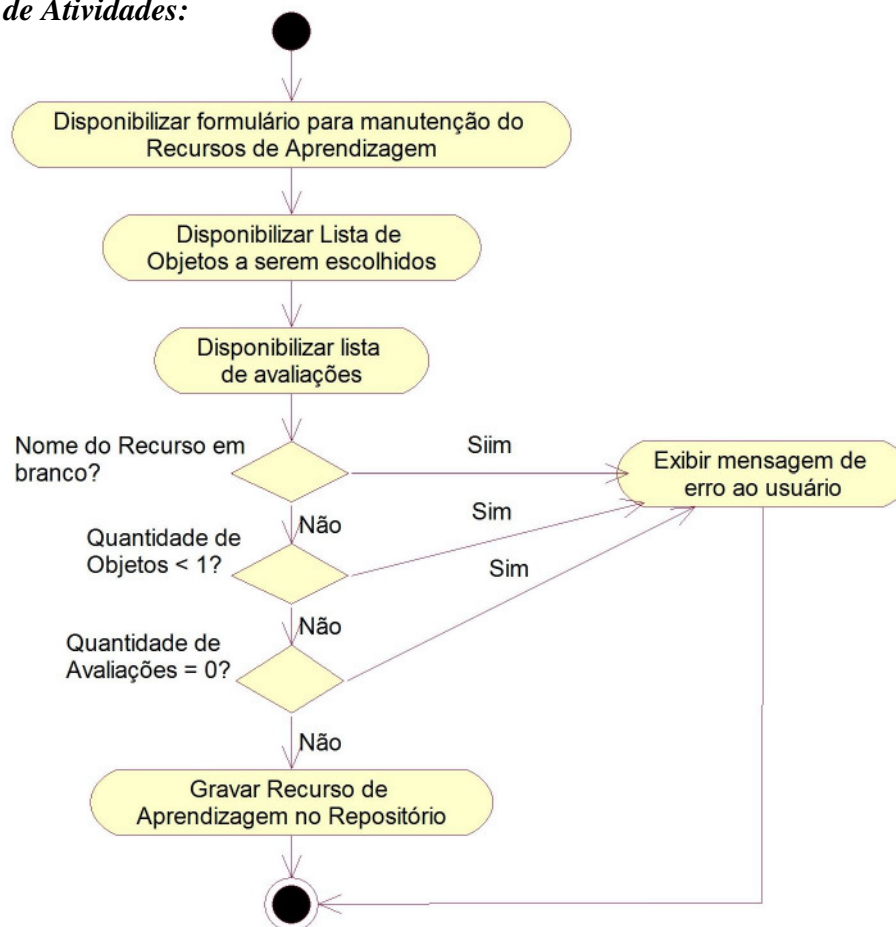


FIGURA 54: DIAGRAMA DE ATIVIDADE MANTER RECURSOS APRENDIZAGEM

- **Cadastrar conhecimento inicial do aluno com relação a um curso**

Ator(es):

- Aluno do Sistema.

Pré-condições:

- Necessário que existam perguntas cadastradas para o curso que o aluno está interagindo.
- Necessário que o aluno selecione no mínimo uma alternativa.

Pós-condições:

Não há.

Descrição:

O intuito do cadastro do conhecimento inicial do aluno com relação a um curso é fornecer ao aluno uma interface onde ele possa responder às perguntas previamente cadastradas pelo educador (relacionadas ao curso que se deseja). Com base nessas respostas [Exceção: Aluno não selecionou nenhuma alternativa] o sistema fornecerá os primeiros subsídios de treinamento (do conhecimento do aluno em um curso) para que a rede neural possa ser treinada. O momento em que o aluno interage com essa interface é quando ele solicita a navegação no curso.

Exceções/fluxos alternativos:

[Aluno não selecionou nenhuma alternativa]: Caso o aluno não tenha selecionado nenhuma alternativa (dentre aquelas propostas pelo educador), o sistema apresenta uma mensagem de crítica, avisando ao usuário que no mínimo uma alternativa deve ser selecionada.

Diagrama de Atividades:

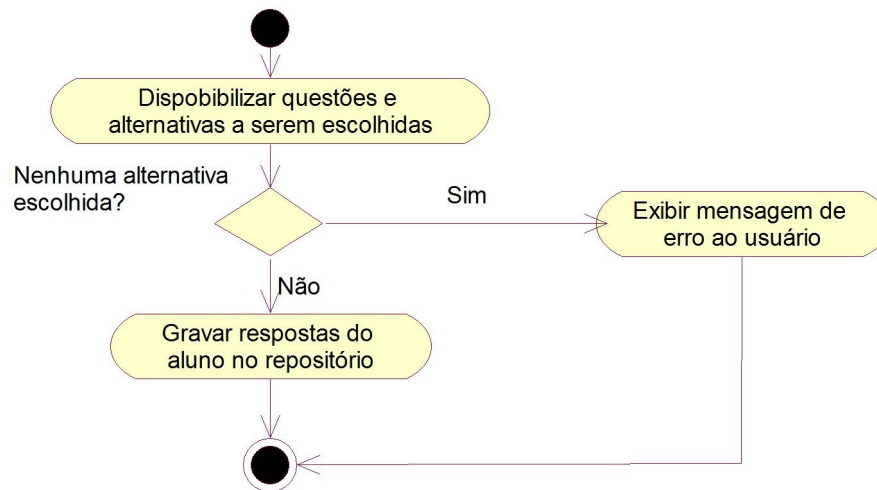


FIGURA 55: DIAGRAMA DE ATIVIDADE CADASTRARCONHECIMENTOALUNOCURSO

- **Manter Grupo de Cursos**

Ator(es):

- Educador do Sistema.

Pré-condições:

- Necessário que o nome do grupo de cursos não esteja em branco.

Pós-condições:

Não há.

Descrição:

O intuito do cadastro de Grupo de Cursos é possibilitar ao Educador a manutenção (através de uma interface) do cadastro de grupo de cursos [Exceção: Nome do grupo de cursos em branco] que serão disponibilizados a todos os usuários do sistema através do menu principal. Através dessa interface, então, o educador pode criar grupos de cursos para facilitar a localização no momento que o aluno fizer uma busca por cursos.

Exceções/fluxos alternativos:

[Nome do grupo de cursos em branco]: Neste caso, o sistema apresenta uma mensagem de crítica avisando ao usuário que o nome do curso não pode estar em branco e que as informações sobre o mesmo não serão gravadas.

Diagrama de Atividade:

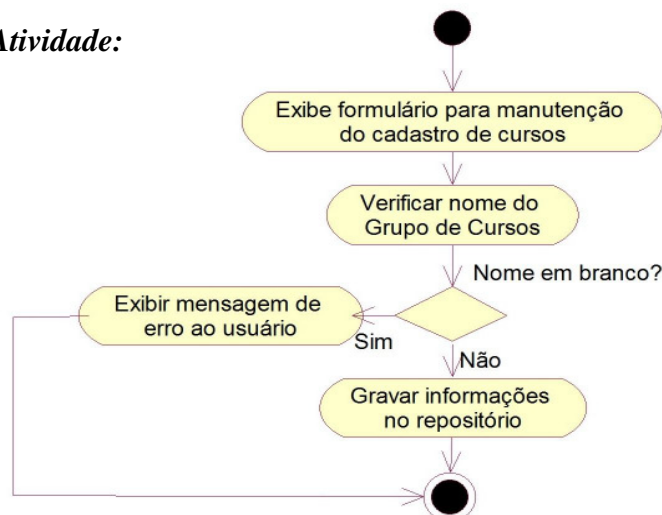


FIGURA 56: DIAGRAMA DE ATIVIDADE MANTERGRUPOCursos

- **Manter Cursos**

Ator(es):

- Educador do Sistema.

Pré-condições:

- Necessário que o nome do curso não esteja em branco.
- Há a necessidade do educador já previamente ter cadastrado um objeto de Aprendizagem no sistema.
- Necessário que o educador selecione em que grupo de cursos o curso solicitado deve ser cadastrado.

Pós-condições:

Não há.

Descrição:

A finalidade principal do cadastro de Cursos é possibilitar ao Educador o cadastramento de cursos [Exceção: Nome do curso em branco], através de uma interface, que serão disponibilizados a todos os usuários do sistema através dos grupos de cursos [Exceção: Nenhum grupo de cursos selecionado].

Exceções/fluxos alternativos:

[Nenhum grupo de cursos selecionado]: Neste caso, o sistema apresenta uma mensagem de crítica avisando ao usuário que não existe nenhum grupo de cursos selecionado e que não poderá gravar as informações solicitadas.

[Nome do curso em branco]: Neste caso, o sistema apresenta uma mensagem de crítica avisando ao usuário que o nome do curso não pode estar em branco e que as informações sobre o mesmo não serão gravadas.

Diagrama de Atividade:

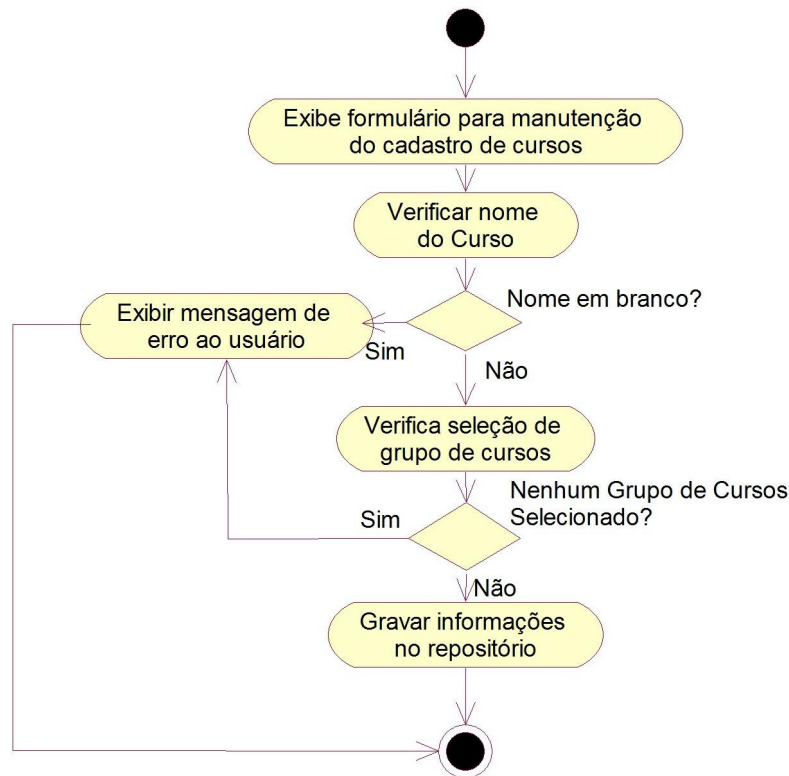


FIGURA 57: DIAGRAMA DE ATIVIDADE MANTERCURSOS

- **Manter questões sobre cursos**

Ator(es):

- Educador do Sistema.

Pré-condições:

- Necessário que o campo Nome da Questão não esteja em branco.
- Necessário o cadastro de no mínimo duas alternativas de resposta por questão.
- Necessário que para cada alternativa cadastrada seja escolhida uma característica (já previamente cadastrada no sistema) sobre os alunos.
- Necessário que no momento do cadastro, o educador selecione em uma lista, onde constam os cursos cadastrados somente pelo educador que está interagindo nesse exato momento, para qual curso essas perguntas estão sendo cadastradas.

Pós-condições:

Não há.

Descrição:

A finalidade principal deste requisito é poder disponibilizar ao educador uma interface onde o mesmo possa editar, excluir ou alterar as questões [Exceção: Nome da questão em branco] que são apresentadas ao aluno [Exceção: Número de alternativas menor que duas] [Exceção: Nenhuma característica associada à alternativa] no momento em que este escolhe algum curso para navegação. Ou seja, tais questões cadastradas através desta interface serão utilizadas na delimitação do perfil do aluno.

Um ponto relevante a ser levantado é que o educador (dentro dessa interface de manutenção) só terá acesso às modificações em cursos [Exceção: Nenhum curso escolhido] que sejam de sua autoria, ou seja não poderá incluir ou alterar ou excluir questões de cursos que ele próprio não tenha criado.

Exceções/fluxos alternativos:

[Nome da questão em branco]: Neste caso, o sistema apresenta uma mensagem de crítica, avisando ao usuário que o nome da questão informada não pode estar em branco e que não poderá gravar as informações dessa maneira.

[Número de alternativas menor que duas]: Caso o número de alternativas cadastradas seja menor que duas, o sistema apresenta uma mensagem de crítica, avisando ao usuário que a quantidade mínima de alternativas configuradas por questão é duas e que não poderá gravar as informações dessa maneira.

[Nenhuma característica associada à alternativa]: Caso, no momento que executa a gravação das informações no repositório, exista na lista de alternativas alguma que não possua característica nenhuma selecionada pelo usuário, o sistema apresenta uma mensagem de crítica informando que todas alternativas devem ter alguma característica particular e que não poderá gravar as informações dessa maneira.

[Nenhum curso escolhido]: Neste caso, o sistema apresenta uma mensagem de crítica avisando ao usuário não existe nenhum curso selecionado e que não poderá gravar as informações solicitadas.

Diagrama de Atividade:

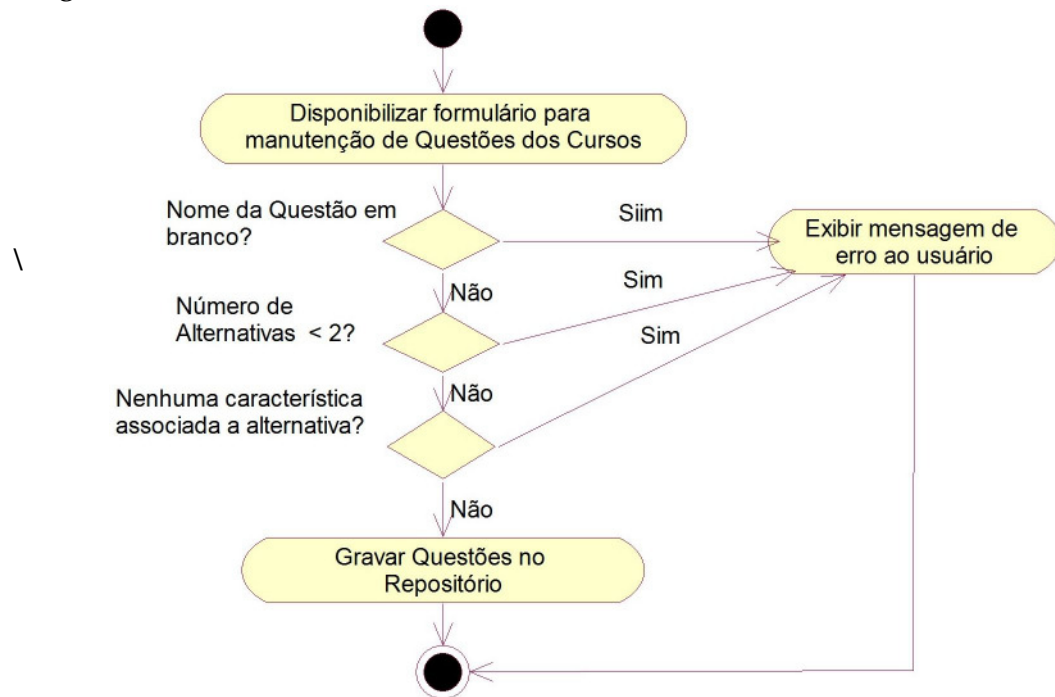


FIGURA 58: DIAGRAMA DE ATIVIDADE MANTERQUESTOESCURSOS

Apêndice D – Definição de Requisitos do Módulo Administrativo

- *Configurar e validar parâmetros da rede neural*

Ator(es):

- Administrador do Sistema.

Pré-condições:

- Para validação e cadastro dos parâmetros, os campos onde são informados os parâmetros de configuração da rede Neural devem ser preenchidos.

Pós-condições:

Não há.

Descrição:

Essa atividade tem como principal objetivo o cadastro e a otimização dos parâmetros de configuração da rede neural. Nessa atividade o usuário (no caso o administrador do sistema) através do módulo administrativo pode configurar os parâmetros de treinamento com os valores desejados [Exceção: Algum parâmetro em branco]. Tais valores não necessariamente são otimizados (levando em consideração a quantidade de objetos de aprendizagem cadastrados, por exemplo). Nesse processo, o sistema avalia e sugere parâmetros de configuração da rede neural que otimizem o processo de treinamento. O sistema chega na conclusão dos parâmetros através das informações prestadas pelo usuário, assim como a quantidade de usuários que farão acesso ao sistema.

Exceções/fluxos alternativos:

[Algum parâmetro em branco]: Caso, no momento do preenchimento dos campos dos parâmetros em tela, algum parâmetro esteja em branco, uma mensagem de erro é mostrada ao usuário e o sistema não grava as informações no repositório.

Diagrama de Atividade:

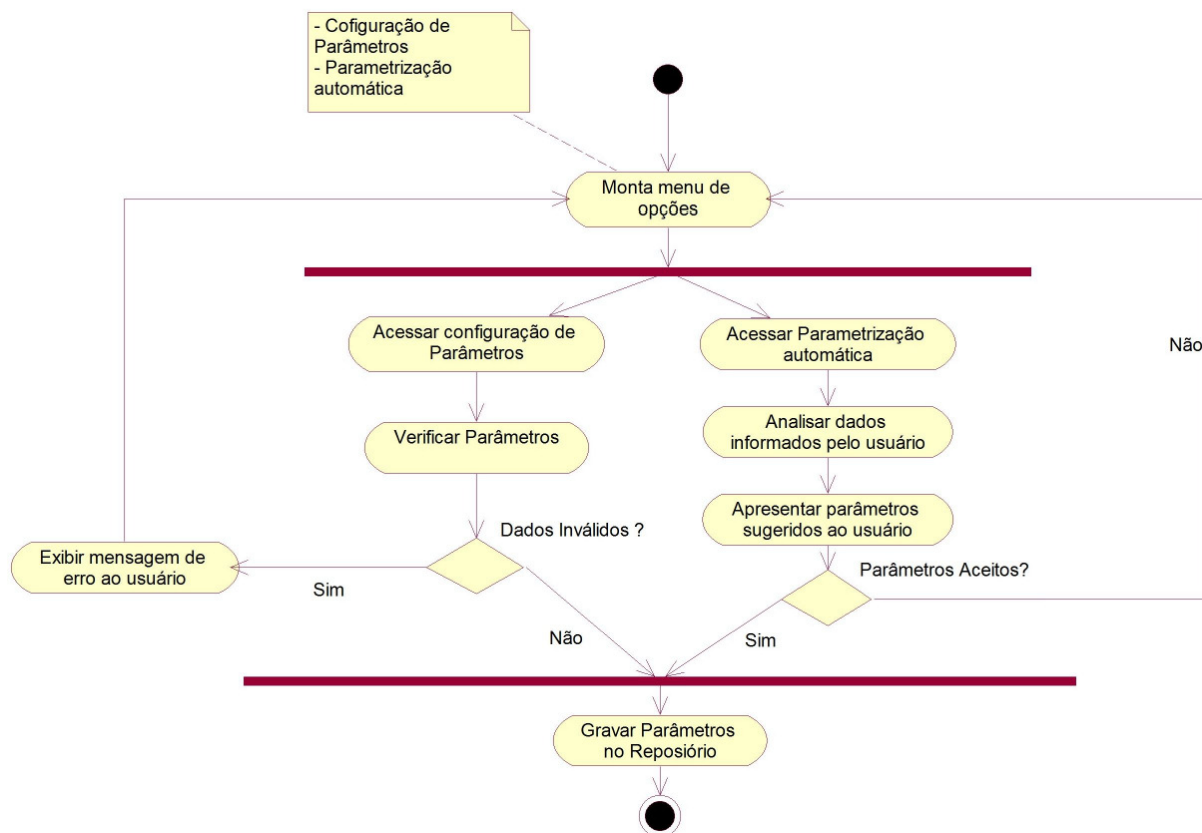


FIGURA 59: DIAGRAMA DE ATIVIDADE DO PROCESSO CONFIGURAR PARÂMETROS REDE NEURAL

- **Manter instituições de ensino**

Ator(es):

- Administrador do Sistema

Pré-condições:

- Necessário que o nome da instituição esteja preenchido.
- Necessário que se informe o e-mail do administrador da instituição.
- Necessário que a quantidade de educadores seja informada.
- Necessário que se informe o espaço em disco para a instituição.

Pós-condições:

Não há.

Descrição:

A finalidade dessa atividade é permitir ao administrador do sistema fazer a manutenção do cadastro de instituições de ensino dentro do sistema [Exceção: Nome da instituição em branco]. Ou seja, através desta interface, o administrador pode cadastrar uma nova instituição de ensino para utilizar o sistema [Exceção: E-Mail do Administrador da instituição em branco]. No momento do cadastro o sistema cria toda a estrutura de pastas e reserva o espaço no [Exceção: Espaço em disco em branco] servidor para armazenar os objetos, recursos e cursos para os educadores [Exceção: Quantidade de educadores em branco] da instituição recém-criada.

Exceções/fluxos alternativos:

[Nome da instituição em branco]: Caso (no momento de gravar as informações de tela), o usuário deixe o campo nome da instituição em branco, uma mensagem de erro é mostrada e o sistema não grava as informações no repositório.

[E-Mail do Administrador da instituição em branco]: Da mesma forma, se o usuário deixar o campo E-Mail do Administrador da instituição em branco, uma mensagem de erro é mostrada ao usuário e o sistema também não grava as informações no repositório.

[Quantidade de educadores em branco]: Caso o usuário deixe o campo quantidade de educadores em branco, uma mensagem de erro é mostrada e o sistema não grava as informações no repositório.

[Espaço em disco em branco]: Caso o usuário deixe o campo espaço em disco em branco uma mensagem de erro é mostrada e o sistema não grava as informações no repositório.

Diagrama de Atividade:

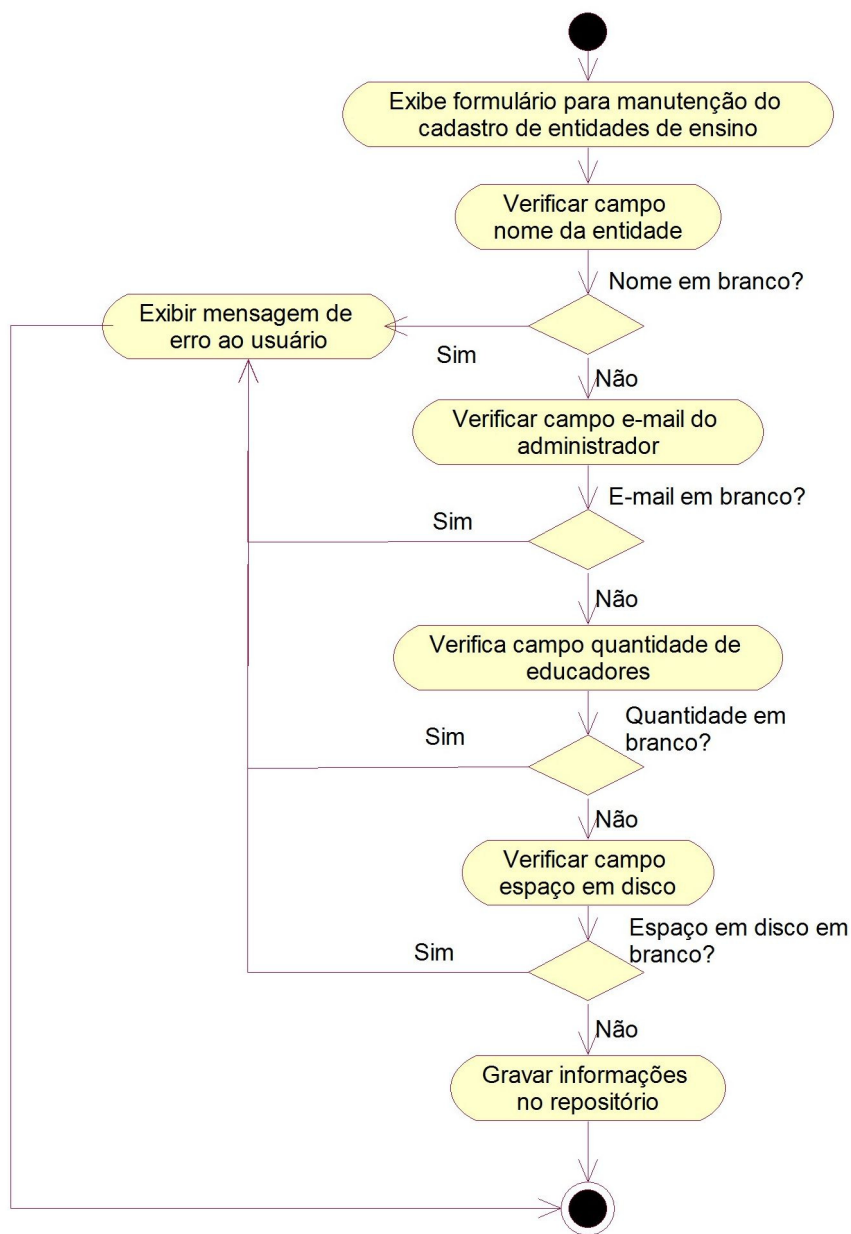


FIGURA 60: DIAGRAMA DE ATIVIDADE DO PROCESSO MANTER INSTITUIÇÕES DE ENSINO

- *Manter educadores*

Ator(es):

- Administrador do Sistema

Pré-condições:

- Necessário que o nome do educador seja preenchido.
- Necessário que o e-mail do educador seja preenchido.
- Se for o cadastro de um educador novo, necessário validar se o número de educadores para a instituição de ensino corrente ainda não foi alcançado.
- Necessário que o administrador da instituição já tenha cadastrado os parâmetros de treinamento da rede neural.

Pós-condições:

Não há.

Descrição:

A interface de cadastro de educadores, permite ao administrador do sistema realizar a manutenção no cadastro dos educadores do sistema [Exceção: Nome do educador em branco]. Após o cadastro (feito pelo administrador do sistema da instituição de ensino corrente) o educador recebe um e-mail [Exceção: E-Mail do educador em branco] para confirmação de seu cadastro e assim que acessar o link de seu e-mail, já estará apto a realizar as atividades relativas a seu papel dentro do sistema [Exceção: Quantidade de educadores da instituição de ensino excede a quantidade máxima contratada] (manutenção de objetos de aprendizagem, manutenção de recursos de aprendizagem, manutenção de cursos, etc.). Para fins de funcionamento do sistema, o administrador da instituição só pode cadastrar um novo educador se os parâmetros de treinamento da rede neural foram cadastrados [Exceção: Parâmetros da rede neural ainda não cadastrados].

Exceções/fluxos alternativos:

[Nome do educador em branco]: Se no momento de gravar as informações de tela o usuário deixe o campo nome do educador em branco, uma mensagem de erro é mostrada ao usuário e o sistema não grava as informações no repositório.

[E-Mail do educador em branco]: Caso o usuário deixe também o campo E-Mail do educador em branco, uma mensagem de erro é mostrada e o sistema também não grava as informações no repositório.

[Quantidade de educadores da instituição de ensino excede a quantidade máxima contratada]: No momento da confirmação da inclusão de um novo educador pelo usuário, o sistema valida se a quantidade de educadores da instituição de ensino cadastrada não excedeu a quantidade cadastrada. Se exceder, o sistema emite uma mensagem avisando o ocorrido ao usuário e não grava as informações do educador no repositório.

[Parâmetros da rede neural ainda não cadastrados]: Caso o administrador ainda não tenha cadastrado os parâmetros da rede neural, uma mensagem de erro é mostrada e o sistema também não grava as informações no repositório.

Diagrama de Atividade:

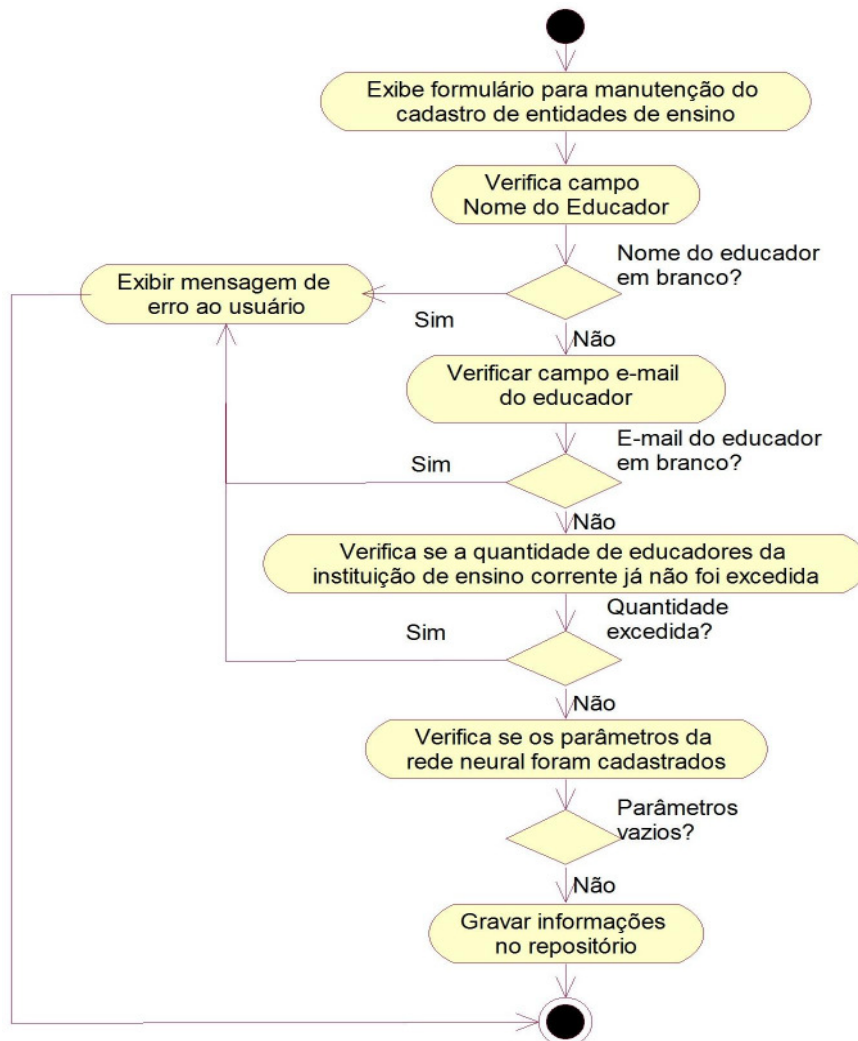


FIGURA 61: DIAGRAMA DE ATIVIDADE DO PROCESSO MANTER EDUCADORES

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)