UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

CARLOS JAIR COLETTO

CLASSIFICADOR PARACONSISTENTE DE DEMANDAS ATÍPICAS ATRAVÉS DA INVESTIGAÇÃO EM BANCO DE DADOS DE SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA

SANTOS/SP
2015

CARLOS JAIR COLETTO

CLASSIFICADOR PARACONSISTENTE DE DEMANDAS ATÍPICAS ATRAVÉS DA INVESTIGAÇÃO EM BANCO DE DADOS DE SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA

Dissertação apresentada à Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, sob orientação do Prof. Dr. Maurício Conceição Mário e co-orientador Prof. Dr. João Inácio da Silva Filho.

SANTOS/SP

2015

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

Coletto, Carlos Jair.
Classificador Paraconsistente De Demandas Atípicas Através da Investigação Em Banco de Dados de Sistema Elétrico de Potência.2015.
63p.

Orientador: Mauricio Conceição Mario
Coorientador: João Inácio da Silva Filho

Dissertação de Mestrado - Universidade Santa Cecília,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica
Mestrado Em Engenharia Mecânica, Santos,SP, 2013.

1. Demanda de Energia. 2. atipicidade. 3. Lógica Paraconsistente.
4. Lógica Paraconsistente Anotada.
I. Mario, Maurício Conceição, orient.
II. Da Silva Filho, João Inácio, coorient.
III. Título. Classificador Paraconsistente De Demandas Atípicas Através da Investigação Em Banco de Dados de Sistema Elétrico de Potência.

Elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas - Unisanta

Dedico este trabalho à minha família,
razão maior de minha vida.

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Luciana Pereira Coletto, eterna companheira e cúmplice nessa jornada, que desde o início me apoiou e incentivou em tudo nessa vida acadêmica, vivenciando comigo todas as dificuldades e alegrias por que passei. Sem seu apoio e paciência, certamente não conseguiria.

Aos meus filhos Rodrigo, Daniel e Giovanna, por darem juntamente com minha esposa, sentido à minha vida, e por compreenderem os momentos em que tive que me privar de sua companhia.

Ao professor Dr. Maurício Conceição Mário, pela orientação, dedicação, compreensão e contribuição para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao professor Dr. João Inácio da Silva Filho, pela contribuição preciosa no ensino da Lógica Paraconsistente.

À minha querida mestra Dorotéa Vilanova Garcia, pelo grande incentivo no início desse trabalho.

Aos meus colegas de mestrado e amigos Cláudio Nunes, Luiz Antonio Mathias, Fernando Branquinho pela amizade, companheirismo e auxílio-mútuo.

Quando não houver vento, reme

(Provérbio Romano)

RESUMO

Este presente trabalho consiste em normalizar, analisar e tratar dados extraídos de medições feitas em subestações de energia elétrica, com a finalidade de gerar métodos e subsídios para identificar atipicidades de demandas de energia, e com o auxílio de algoritmos extraídos dos fundamentos da Lógica Paraconsistente Anotada de dois Valores (LPA2v), uma lógica não-clássica capaz de suportar sinais contraditórios, possibilitar a caracterização de dos dados considerados típicos do sistema, levando em consideração parâmetros como horários, dias da semana, feriados, datas festivas, etc. A partir da caracterização dos padrões de normalidade do sistema, o objetivo do modelo é identificar dados sistêmicos que fogem da normalidade, ou seja, as atipicidades. Deste modo, o modelo desenvolvido pode oferecer dados providos de evidência para efetuar previsões de comportamento do mesmo, possibilitando a tomada de decisões que visem minimizar falhas ou atenuar os efeitos de danos causados por eventuais contingências no sistema, que possam ocasionar falta de energia elétrica. Como resultado desta pesquisa se obteve uma ferramenta computacional baseada em algoritmos da Lógica Paraconsistente Anotada (LPA2v) capaz de efetuar analises de atipicidades em um banco de dados compostos por valores de medições de um Sistema Elétrico de Potência e com recursos de ajustes de intervalos temporais de dias, semanas ou meses.

Palavras-Chave*:* Demanda de Energia. Atipicidades. Lógica Paraconsistente Anotada.

ABSTRACT

This present study is to examine, treat and normalize data extracted from measurements made at electrical substations, with the purpose of generating methods and subsidies to identify atypical features of energy demands, and with the help of algorithms taken from the grounds of paraconsistent annotated logic of two values (PAL2v), a non-classical logic capable of supporting mixed signals, enabling the characterization of the data as a typical system, taking into account parameters such as hours, days of the week, holidays, special dates, etc. From the characterization of normal system standards, the objective of the model is to identify systemic data out of normality, i.e. atypical features. Thus, the model under development will offer data provided of evidences to make behavior predictions, allowing decision-making aimed at minimizing failures or mitigate the effects of damage caused by any contingencies in the system that could create power outages. As a result of this research, it was obtained a computational tool based on algorithms of paraconsistent annotated logic (PAL2v) capable of performing analysis of atypical features in a database composed of values of measurements of an Electric Power System with the possibility of adjustments of time intervals in days, weeks or months.

Keywords: Electricity Demand. Atypical Features. Paraconsistent Annotated Logic.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Relação entre agentes e consumidores. 12
Figura 2: Compensações pagas aos consumidores. 14
Figura 3: Classificação de algumas lógicas 16
Figura 4: Reticulado de Hasse. 19
Figura 5: Reticulado LPA2v. 20
Figura 6: Representação da Análise Paraconsistente. 22
Figura 7: Quadro Unitário no Plano Cartesiano - QUPC. 22
Figura 8: Representação do Reticulado QUPC. 23
Figura 9: Representação dos eixos de certeza e de contradição do Reticulado LPA2v 24
Figura 10: Representação do reticulado da LPA2v com valores ajustáveis nos controles limites indicados nos eixos. 25
Figura 11: Representação do reticulado da LPA2v seccionado em 12 regiões delimitadas originando 12 estados lógicos resultantes. 26
Figura 12: Representação de um sistema típico de análise paraconsistente utilizando o reticulado da LPA2v repartido em 12 regiões delimitadas. 28
Figura 13: Célula Artificial Paraconsistente Básica. 29
Figura 14: Célula Neural Artificial Paraconsistente Básica 30
Figura 15: Célula Neural Artificial Paraconsistente de Aprendizagem. 32
Figura 16: Célula Neural Artificial Paraconsistente de Aprendizagem usada para aproximação funcional. 33
Figura 17: Curvas de amostras submetidas às células de aprendizagem 34
Figura 18: Estrutura original da tabela de medições 39
Figura 19: Visualização das medições armazenadas no banco de dados original. 40
Figura 20: Estrutura da tabela Medição convertida. 42
Figura 21: Estrutura da tabela de Feriados 43
Figura 22: Tela Principal da Aplicação. 44
Figura 23: Seleção do período a ser analisado. 44
Figura 24: Seleção de um dia útil 45

Figura 25: Padrão obtido no período de 01/01/2008 a 31/01/2008, considerando-se somente os dias úteis. 48
Figura 26: Curva Padrão e Limites (superior e inferior). 48
Figura 27: Comparação da amostra com o padrão de tipicidade obtido. 49
Figura 28: 01/01/2008 a 31/01/2008 - Perfil Típico do Período. 51
Figura 29: 01/01/2008 a 31/01/2008 - Determinação dos Limites (superior e inferior). 51
Figura 30: 01/01/2008 a 31/01/2008 - Comparação da amostra (fins de semana) com o padrão de tipicidade (dias úteis) 52
Figura 31: 01/01/2008 a 31/01/2008 - Comparação da amostra (feriados) com o padrão de tipicidade (dias úteis). 52
Figura 32: 01/01/2008 a 31/01/2008 - Comparação da amostra (dias úteis – 4ª e 5ª feiras) com o padrão de tipicidade (dias úteis) 53
Figura 33: 01/01/2008 a 31/01/2008 - Identificação de dia Atípico 53
Figura 34: 01/01/2008 a 31/01/2008 - Comparação do padrão de dias úteis dos meses de janeiro e fevereiro/2008. 54
Figura 35: 01/01/2008 a 31/01/2008 - Comparação do padrão do período com a amostra do 1º quadrimestre 55
Figura 36: 01/01/2008 a 31/01/2008 - Comparação do padrão do de fins de semana e feriados 55
Figura 37: 01/04/2008 a 30/04/2008 - Comparação do padrão do de fins de semana e feriados 56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição das informações armazenadas na tabela original de Medições 40
Tabela 2 - Descrição dos tipos de equipamentos armazenados na tabela original de Medições..... 41

LISTA DE SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
C#	C Sharp
CLR	Common Language Runtime
CNAP	Célula Neural Artificial Paraconsistente
CNAPa	Célula Neural Artificial Paraconsistente de Aprendizado
Fa	Fator de Aprendizagem
Gb	Giga Bytes
GHz	GigaHertz
kHz	quilohertz
kV	quilovolt
LP	Lógica Paraconsistente
LPA	Lógica Paraconsistente Anotada
LPA2v	Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de 2 valores
RAM	Random Acess Memory
RNAP	Rede Neural Artificial Paraconsistente
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SQL	Structured Query Language
TUST	Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
UNAP	Unidade Neural Artificial Paraconsistente
V	Volt

LISTA DE SÍMBOLOS

τ	Reticulado finito
~	Operador de negação
μ	Grau de crença (ou de evidência favorável)
μr	Grau de crença resultante
λ	Grau de descrença (ou evidência desfavorável)
T	Inconsistente
V	Verdadeiro
$\perp$	Paracompleto
$\mathbb{R}$	Conjunto dos números reais
$P\mu$	Sentença proposicional
Gc	Grau de Certeza
Gct	Grau de Contradição
p	Proposição Inicial
*p*T	Conotação de Inconsistente à proposição *p*
*p*1	Conotação de Verdade à proposição *p*
*p*0	Conotação de Falsidade à proposição *p*
$p\perp$	Conotação de Indefinição à proposição *p*
QUPC	Quadrado Unitário do Plano Cartesiano
$\perp \rightarrow$ f	Paracompleto tendendo ao Falso
$\perp \rightarrow$v	Paracompleto tendendo ao Verdadeiro
T$\rightarrow$ f	Inconsistente tendendo ao Falso
T$\rightarrow$ v	Inconsistente tendendo ao Verdadeiro
Qv $\rightarrow$T	Quase-verdadeiro tendendo ao Inconsistente
Qf $\rightarrow$T	Quase-falso tendendo ao Inconsistente
Qf$\rightarrow\perp$	Quase-falso tendendo ao Paracompleto
Qv$\rightarrow\perp$	Quase- verdadeiro tendendo ao Paracompleto
Gi	Grau de Incerteza
φ	Intervalo de certeza
$\varphi_{(\pm)}$	Intervalo de Certeza sinalizado
φ_E	Intervalo De Evidência Resultante
$\varphi_{E(\pm)}$	Intervalo De Evidência Resultante Sinalizado

G_{Cr}	Grau de Certeza resultante
G_{CR}	Grau de Certeza real
S1	Saída discreta
S2a	Saída analógica
S2b	Saída analógica
Vicc	Valor Inferior de Controle de Certeza
Vicct	Valor Inferior de Controle de Contradição
Vscc	Valor Superior de Controle de Certeza
Vscct	Valor Superior de Controle de Contradição

SUMÁRIO

1. **INTRODUÇÃO** 12
1.1. RELEVÂNCIA DO TEMA 13
1.2. NOÇÕES DA LÓGICA PARACONSISTENTE 15
1.2.1. LÓGICA CLÁSSICA E LÓGICA NÃO-CLÁSSICA 15
1.2.2. LÓGICA PARACONSISTENTE 16
1.2.3. TEORIAS INCONSISTENTES E TRIVIAIS 18
1.2.4. LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA (LPA) 18
1.2.5. LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA COM ANOTAÇÃO DE DOIS VALORES (LPA2V) 20
1.2.6. ALGORITMO PARA-ANALISADOR 27
1.2.7. CÉLULA ARTIFICIAL PARACONSISTENTE BÁSICA 29
1.2.8. CÉLULA NEURAL ARTIFICIAL PARACONSISTENTE (CNAP) 30
1.2.9. CÉLULA NEURAL ARTIFICIAL PARACONSISTENTE DE APRENDIZAGEM – CNAPA 32
1.3. SOFTWARES UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO DA APLICAÇÃO 35
1.3.1. BANCO DE DADOS MICROSOFT SQL SERVER 35
1.3.2. AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO E LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO 36
2. **OBJETIVOS** 37
3. **MATERIAIS E MÉTODOS** 39
3.1. MODELAGEM E IMPORTAÇÃO DO BANCO DE DADOS 39
3.2. APLICAÇÃO DESENVOLVIDA – ANALISADOR PARACONSISTENTE DE ATIPICIDADES 43
3.3. MODELO DE CARACTERIZAÇÃO DE ATIPICIDADES EM MEDIDAS DE DADOS DE DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA. 49
3.4. GERAÇÃO DE GRÁFICOS PARA IDENTIFICAÇÃO E COMPARAÇÃO DE PADRÕES 50
3.4.1. PERÍODO DE 01/01/2008 A 31/01/08 – CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL DOS DIAS ÚTEIS 50
3.4.2. PERÍODO DE 01/01/2008 A 31/01/08 – COMPARAÇÃO DO PERFIL COM AMOSTRAS 51
4. **RESULTADOS E DISCUSSÕES** 57
5. **CONCLUSÕES** 60
REFERÊNCIAS 61

1. INTRODUÇÃO

Para a existência e manutenção da sociedade, a energia elétrica é indispensável em todos os meios e setores, tanto urbanos quanto rurais. Está presente no dia a dia da sociedade moderna, sendo fundamental à sua existência. É utilizada tanto em atividades essenciais como iluminação, refrigeração, trabalho, transporte, equipamentos hospitalares etc., quanto em atividades de lazer ou de entretenimento. A falta de energia em um período muito longo geraria um caos. Sem a mesma, nossa sociedade da maneira como a conhecemos deixaria de existir.

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, no Brasil independente do porte do consumidor, a conexão e o atendimento são realizados por distribuidoras de energia elétrica. Além delas, cooperativas de eletrificação rural, entidades de pequeno porte transmitem e distribuem energia elétrica exclusivamente para os associados.

As distribuidoras são empresas de grande porte, que recebem das companhias de transmissão o suprimento destinado ao abastecimento do país. Nas redes de transmissão, após deixar a usina, a energia trafega em tensões que variam de 88 kV a 750 kV. Ao chegar às subestações das distribuidoras, a tensão é rebaixada e, por meio de sistema composto de postes, fios e transformadores e chega à unidade final em 127 V ou 220 V. Há exceções a essa regra que são algumas unidades industriais que operam com tensões mais elevadas (2,3 kV a 88 kV) e recebem energia elétrica diretamente da subestação da distribuidora (ANEEL, 2008). Essa relação entre os agentes operadores e os consumidores pode ser observada na Figura 1.

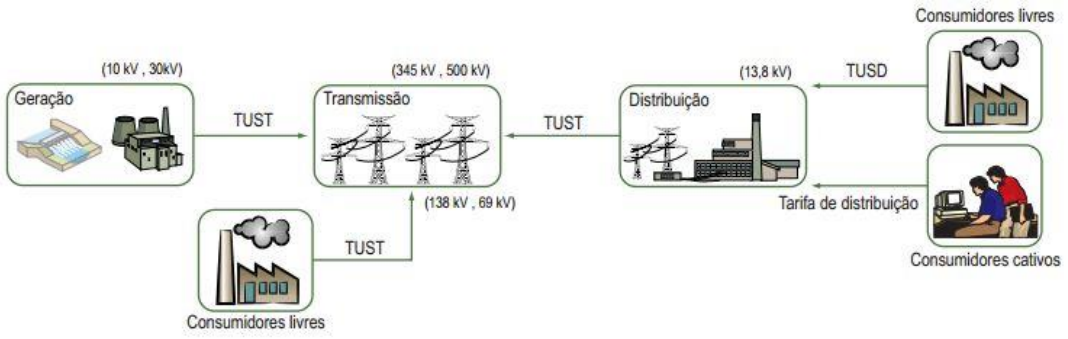


Figura 1: **Relação entre agentes e consumidores.**
(Fonte: ANEEL, 2008).

Geralmente os valores de medidas elétricas relacionadas à distribuição para os locais atendidos por uma subestação em específico, são armazenados em bancos de dados pelas empresas responsáveis pelos serviços, pois segundo Rissino (2009) os constantes progressos em tecnologia da informação têm possibilitado o armazenamento de dados históricos em grandes bases de dados.

De acordo com Rissino (2009) a análise de grandes quantidades de dados é inviável sem o auxílio de ferramentas adequadas, portanto é fundamental o desenvolvimento de ferramentas que objetivam descobrir e interpretar as informações armazenadas nos bancos de dados, proporcionando conhecimentos que poderão ser relevantes às tomadas de decisão.

1.1. RELEVÂNCIA DO TEMA

Segundo Rodrigues et al. (2008), para empresas que atuam no setor de distribuição de energia elétrica, é de grande valia para o gerenciamento identificar, conhecer e prever futuras demandas de energia elétrica. A determinação de um padrão pode ser utilizada para prever valores futuros, pois uma vez compreendido o perfil de um período anterior, geralmente os valores podem ser utilizados para a previsão de um período futuro.

Através da análise dos dados podem ser gerados comportamentos típicos de carga relacionados a estes subsistemas. Esta análise é relevante e pode ser utilizada para detectar e caracterizar padrões e suas respectivas cargas. A obtenção da tipificação permite elaborar o planejamento mais consistente e uma operação mais eficiente do sistema elétrico (FERREIRA et al., 2011).

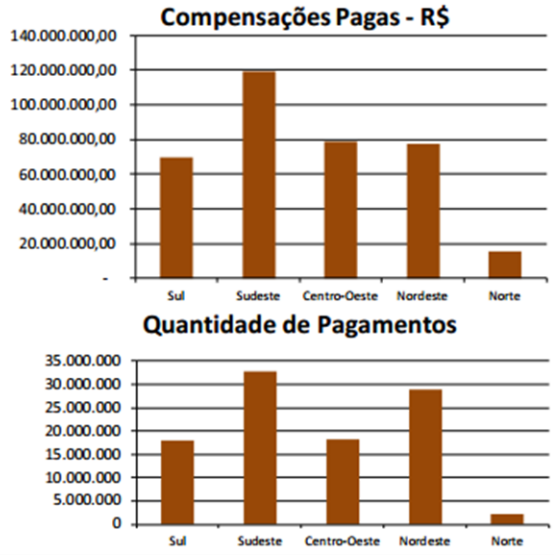
A tipificação, ou seja, a caracterização desses padrões permitirá a identificação de períodos atípicos. Esses dados caracterizados, poderão ser utilizados para o desenvolvimento de Sistemas Especialistas na predição do comportamento da rede de distribuição, auxiliando a detectar fatores responsáveis para a interrupção do fornecimento da energia elétrica, tais como falhas em equipamentos, sobrecargas e demandas atípicas sazonais.

Além do impacto e o desconforto da interrupção do suprimento de energia, de acordo com Almeida (2002), existe o custo financeiro que pode ser avaliado monetariamente sob dois aspectos:

1) Custo de não faturamento pelas concessionárias, em todos seus segmentos, que podem ainda implicar em penalizações e indenizações; e
2) Custo social de interrupção, refletindo o custo direto e indireto de curto-prazo dos prejuízos causados aos consumidores.

De acordo com Araújo e Siqueira (2006) se fossem considerados os custos da energia, acrescidos dos valores que deixam de ser arrecadados com a carga tributária, o custo total da perda comercial no Brasil, ficaria em torno de R$ 4,9 bilhões por ano.

Segundo a ANEEL, as perdas comerciais não estão restritas somente a uma determinada empresa ou área de concessão, ela está presente em praticamente todas as distribuidoras de energia. A Figura 2 demonstra as compensações pagas a consumidores no ano de 2014.



Período: Jan-Dez/2014

Região	Compensações Pagas (R$)	Quantidade de Pagamentos
Sul	69.865.300,83	17.963.903
Sudeste	118.888.577,50	32.736.341
Centro-Oeste	78.763.700,58	18.244.155
Nordeste	77.624.296,98	28.822.012
Norte	15.325.293,54	2.279.470
Total	360.467.169,43	100.045.881

Figura 2: Compensações pagas aos consumidores.
(Fonte: Informações Gerenciais – ANEEL, 2014).

Sendo a energia elétrica um insumo fundamental para o desenvolvimento de qualquer país, é de grande importância para as empresas distribuidoras a busca pela eficiência energética. A possibilidade de identificação consumos típicos e atípicos, auxiliaria na previsão de uma futura demanda ou mesmo uma falha, sendo uma grande ajuda para a otimização da distribuição de energia, minimização de prejuízos financeiros, além de poder determinar qual o melhor horário para uma manutenção, que cause um mínimo de impacto.

1.2. NOÇÕES DA LÓGICA PARACONSISTENTE

Serão apresentados a seguir os fundamentos da Lógica Paraconsistente Anotada com Anotação de dois valores (LPA2v), fundamentos esses necessários à compreensão da pesquisa, bem como a justificativa e descrição das ferramentas utilizadas para a construção do aplicativo classificador paraconsistente de demandas atípicas através da investigação em banco de dados de sistema elétrico de potência.

1.2.1. Lógica Clássica e Lógica Não-Clássica

Segundo Da Silva Filho e Abe (2000), a Lógica é originária dos pensamentos filosóficos e tudo indica que nasceu dos pensamentos de Aristóteles e seus discípulos que desejavam um instrumento que definisse os princípios universais do pensamento e assim estabelece regras práticas ao conhecimento da verdade. Algumas definições podem ser utilizadas:

- Lógica é um conjunto de normas deduzidas das leis psicológicas com a finalidade de dirigir as operações do pensamento;
- Lógica é a Ciência que estuda as Leis do Raciocínio;
- A Lógica Estabelece as leis do Raciocínio, a maneira certa de como a razão deve operar, pouco importando se o raciocínio tem fundamento ou não na realidade.

A Lógica Clássica é binária, e em seus fundamentos considera apenas duas situações, sendo representadas pelos estados lógicos Verdadeiro ou Falso, através dos valores 1 (um) ou 0 (zero). São nestes dígitos binários, onde a tecnologia atual se fundamenta (DA SILVA FILHO; ABE 2000), não sendo possível modelar e tratar algumas das situações que ocorrem no mundo real, tais como situações contraditórias, ambíguas, vagas e pouco claras.

As leis da lógica clássica são estabelecidas por quatro princípios básicos que são apresentados por símbolos usualmente empregados na Lógica Clássica:

1 - Princípio da Identidade: $\boldsymbol{p = p}$

Toda proposição ou objeto é idêntico a si mesmo;

2 – Princípio da Identidade proposicional: $\boldsymbol{p \rightarrow p}$

Toda proposição implica nela mesma

3 - Princípio do Terceiro Excluído: ***p v ⌐ p***

De duas proposições contraditórias, uma delas é verdadeira;

4 - Princípio da Não-contradição: ***⌐ (p v ⌐ p)***

Entre duas proposições contraditórias, uma delas é falsa;

Segundo Lemes Neto e Venson (2002), diversas lógicas foram desenvolvidas visando complementar a Lógica Clássica tradicional. Essas lógicas, conforme mostradas na Figura 3 podem ser classificadas como Complementares, que servem ao propósito de ampliar a Lógica Clássica; e Heterodoxas, que delimitam ou derrogam alguns dos seus princípios básicos. A Lógica Paraconsistente, visa entre outras coisas, oferecer alternativas aos princípios clássicos da Não-contradição, que são insuficientes para tratar proposições cuja conclusão sejam valores de Verdadeiro e Falso.

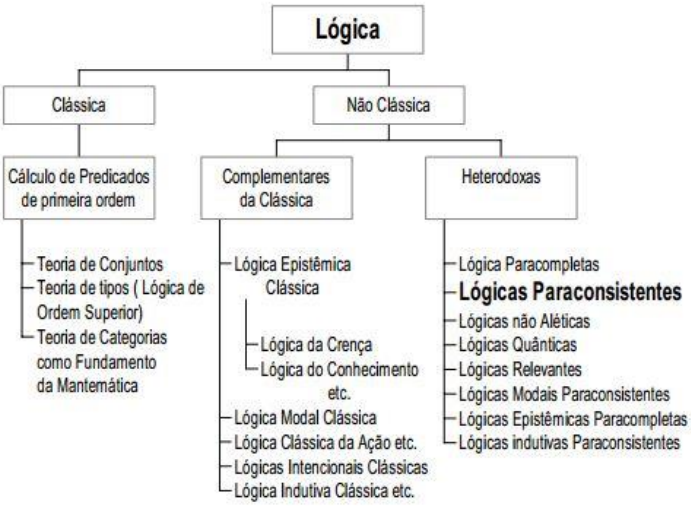


Figura 3: Classificação de algumas lógicas
(Fonte: LEMES NETO & VENSON, 2002).

1.2.2. Lógica Paraconsistente

De acordo com Lemes Neto e Venson (2002) a representação da contradição em computação binária se torna impossível, já que o modelo binário tem grandes dificuldades em tratar inconsistências, ambiguidades e paradoxos e incertezas que ocorrem frequentemente no mundo real. Citam que uma das áreas onde a lógica clássica se mostrou ineficiente foi a de Inteligência Artificial, onde incertezas, ambiguidades e contradições são constantes.

Para obtenção do conhecimento sobre determinado assunto, normalmente é necessário pesquisar e analisar a opinião de diversos especialistas. Possivelmente serão encontradas opiniões contraditórias, o que não impedirá de se chegar a uma conclusão, que poderá ser inclusive, totalmente nova, diferente das outras.

A Lógica Paraconsistente é uma Lógica não Clássica que possui como característica principal a admissão da contradição em sua estrutura (DA SILVA FILHO et al., 2012), devido a esta propriedade mostra-se capaz de dar uma resposta mais satisfatória a problemas relacionados com situações não cobertas pela Lógica Clássica.

Seus precursores foram o lógico polonês J. Lukasiewicz e o filósofo russo N.A. Vasilév, que por volta de 1910, simultaneamente e independentemente, sugeriram a possibilidade de uma lógica que restringiria por exemplo o princípio da Não Contradição. A partir daí é possível destacar alguns pesquisadores de renome mundial que deram suas contribuições ao tema.

S. Jaskowiski, polonês, discípulo de Lukasiewicz quem em 1948 publicou suas ideias sobre lógica e contradição, mostrando como se poderia construir um cálculo sentencial paraconsistente. Esse sistema, nomeado por ele de lógica discursiva desenvolveu-se posteriormente em virtude da obra de diversos autores.

Newton C. A. da Costa, brasileiro que a partir de 1954, desenvolveu vários sistemas paraconsistentes contendo todos os níveis lógicos usuais: cálculo proposicional, cálculo de predicados, cálculo de predicados com igualdade, cálculo de descrições e linguagem de ordem superior (DA SILVA FILHO, 1997).

Segundo Da Silva Filho (1997) foi Francisco Miró Quesada, filósofo peruano, quem em 1976 introduziu o nome “Paraconsistente”, aos estudos de Newton C. A. da Costa, nome este que foi adotado pela comunidade científica mundial.

J.M. Abe, lógico brasileiro, que em 1992 apresentou na Universidade de São Paulo um estudo com resultados relevantes da Lógica Paraconsistente, com a tese “Fundamentos da Lógica Anotada” (ABE,1992).

Os estudos das lógicas Paraconsistentes tem atraído a atenção de um número grande e crescente de pesquisadores que vislumbraram ser possível manipular sistemas informacionais inconsistentes, sem ser preciso que se eliminem as contradições.

1.2.3. Teorias Inconsistentes e Triviais

De acordo com Da Silva Filho (2006), teoremas são enunciados demonstrados como verdadeiros em uma teoria. Seja **T** uma teoria fundada sobre uma lógica **L**, e suponha-se que a linguagem de **L** e **T** contenha um símbolo para negação. A teoria **T** diz-se inconsistente se ela possuir teoremas contraditórios, isto é, tais, que uma é negação da outra, caso contrário, **T** diz-se consistente. A teoria **T** diz-se trivial se todas as fórmulas de **L** forem teoremas de **T**; e, hipótese contrária, **T** chama-se não trivial.

Se **L** por uma das lógicas comuns, como a Clássica, a teoria **T** é trivial se e somente se for inconsistente. Lógicas como essas não separam os conceitos de inconsistência e trivialidade, pois segundo a Lógica Clássica, uma teoria inconsistente também é trivial e vice-versa. Como este é um resultado indesejável, a Lógica Clássica não admite a contradição como elemento aceitável sem torná-la trivial.

Segundo Silva (2011) a Lógica Paraconsistente é uma lógica que serve como base para teorias inconsistentes e não triviais. Desta forma, aplicando os conceitos de uma Lógica Paraconsistente torna-se possível a manipulação de sistemas inconsistentes de informações, sem subentender a trivialidade da teoria. Em situações que são necessárias análises mais realistas, a lógica clássica (por ser limitada aos valores verdadeiro ou falso) é conhecida por se mostrar ineficaz ou impossível de aplicar. Nestes casos a Lógica Paraconsistente é uma alternativa a ser considerada para o tratamento do conhecimento incerto ou contraditório inerente a situações reais.

1.2.4. Lógica Paraconsistente Anotada (LPA)

Conforme Subrahmanian (1987), os estudos da Lógica Paraconsistente deram origem a outros tipos de estudos relacionados às Lógicas Não-Clássicas, dentre estas as Lógicas Paraconsistentes Anotadas (LPA). De acordo com Da Silva Filho (1999) suas fórmulas proposicionais vêm acompanhadas de suas respectivas anotações, sendo cada qual pertencente a um reticulado finito τ representado pelo reticulado de Hasse, conforme a Figura 4. No reticulado, são atribuídos valores às suas fórmulas proposicionais correspondentes, onde as constantes anotacionais representarão os estados τ = {T, V, F, $\perp$}, correspondentes respectivamente a Inconsistente (T), Verdadeiro (1), Falso (0) e Indeterminado ou Paracompleto ($\perp$).

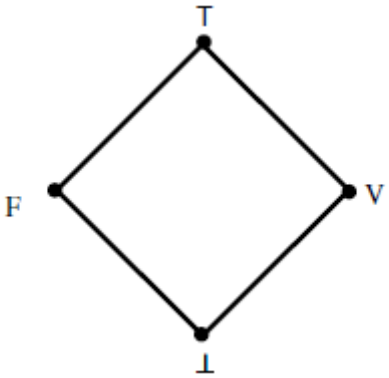


Figura 4: Reticulado de Hasse.
(Fonte: DA SILVA FILHO, 2013)

Na Lógica Clássica onde existem apenas dois estados: Verdadeiro ou Falso, representados respectivamente por 1 ou 0. Se aplicarmos o operador de negação **(~)** sobre esses estados iremos ter:

$$\sim (1) = 0$$
$$\sim (0) = 1$$

Na Lógica Paraconsistente Anotada, aplicando-se o operador de negação **(~)**: **~ : | τ | → | τ |** sobre τ , temos a seguinte definição:

$$\sim (1) = 0$$
$$\sim (0) = 1$$
$$\sim (T) = T$$
$$\sim (\perp) = \perp$$

As proposições da LPA são do tipo *P*μ onde *P* é uma proposição no sentido comum e μ é uma constante de anotação (DA SILVA FILHO, 2013).

A proposição P_{μ} pode ser interpretada como: **'**creio na proposição *P* com grau de crença de até μ, sendo que, cada grau de crença atribuído à proposição estará contido no conjunto de valores compostos pelas constantes anotacionais do reticulado {T,V,F,⊥}, que dará uma das conotações {"verdade","falsidade", "inconsistência", "indeterminação"} à proposição (MARIO, 2003).

Portanto, conforme Da Silva Filho (1999), uma sentença proposicional associada ao reticulado da LPA será lida:

*P*T – "A anotação ou Grau de Evidência T atribui uma conotação de inconsistência à proposição P".

*P*V – “A anotação ou Grau de Evidência V atribui uma conotação de verdade à proposição P”.

*P*F – “A anotação ou Grau de Evidência F atribui uma conotação de falsidade à proposição P”.

P⊥- “A anotação ou Grau de Evidência ⊥ atribuiu uma conotação de indeterminação à proposição P”.

1.2.5. Lógica Paraconsistente Anotada com Anotação de Dois Valores (LPA2v)

Quando existe a necessidade de tratar contradições, ou seja, quando os dados ou sinais podem ser contraditórios, oriundos da mesma fonte ou de fontes diferentes, a LPA com a anotação de dois valores (LPA2v) é adequada para ajudar a solucionar as inconsistências, pois para cada proposição são associados dois valores de crença, ou graus de evidência, cuja análise produz uma saída denominada estado lógico resultante (DA SILVA FILHO, 1999).

Conforme Da Silva Filho (2013), a anotação pode ser representada por *P*(μ,λ), onde o primeiro valor da anotação (μ) representa o grau em que as evidências favoráveis sustentam (crença) a proposição *P*, e o segundo valor da anotação (λ) representa o grau em que as evidências desfavoráveis negam ou rejeitam (descrença) a proposição *P*.

De Acordo com Mário (2003), o reticulado de Hasse com anotação de dois valores será representado:

$\tau = \{(\mu, \lambda) \mid \mu, \lambda \in [0, 1] \subset \Re\}$.

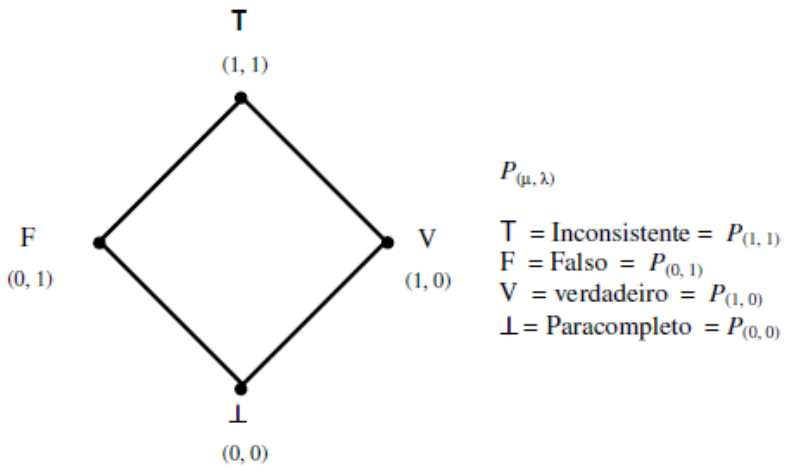


Figura 5: Reticulado LPA2v.
(Fonte: MARIO, 2003)

Desse modo, intuitivamente é possível observar no reticulado as seguintes anotações sobre uma proposição *P*(μ, λ):

(1,0) – indicando a “existência de evidência favorável total e evidência desfavorável nula “- atribui à proposição uma leitura que P é verdadeira.

(0,1) – indicando a “existência de evidência favorável nula e evidência desfavorável total” - atribui à proposição uma leitura que P é falsa.

(1,1) – indicando a “existência de evidência favorável total e evidência desfavorável total” - atribui à proposição uma leitura que P é inconsistente.

(0,0) – indicando a “existência de evidência favorável nula e evidência desfavorável nula” - atribui à proposição uma leitura que P é paracompleta ou indeterminada.

Conforme estudo de Da Silva Filho (1999), uma importante propriedade da lógica LPA2v é que podem ser consideradas equivalentes as proposições ⌐*P* (μ, λ) e *P* (λ, μ), pois a negação de *P*(μ, λ) é a mesma proposição *P* com graus de evidência invertidos.

Em uma análise paraconsistente na LPA2v, cada anotação é interpretada como evidência, que podem ser contraditórias em sua origem. Um sistema projetado com a LPA2v possibilita receber esse tipo de informação, ou seja essas evidências em forma de graus de crença e descrença e, após análise devolver um estado lógico resultante, que possibilitará uma conclusão e consequentemente uma tomada de decisão.

O estado lógico de saída é obtido através do equacionamento entre os dois valores evidenciais que compõem a anotação (μ, λ), onde μ é o grau de crença atribuído à proposição e λ o grau de descrença atribuído à proposição. Essas informações são consideradas valores de entrada do sistema e os valores lógicos representados nos vértices e regiões internas do reticulado são as saídas resultantes da análise paraconsistente. No caso de um alto grau de contradição, o sistema poderá solicitar mais informações e à medida que vão sendo analisadas novas evidências, poderão diminuir as contradições, fazendo com que seja possível chegar a uma conclusão mais acertada (MARIO, 2003). Esse processo pode ser representado de acordo com a Figura 6.

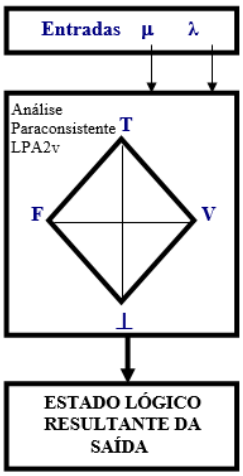


Figura 6: Representação da Análise Paraconsistente.
(Fonte: MARIO, 2003)

De acordo com Da Silva Filho (2006) podem ser feitas algumas interpretações algébricas visando uma melhor representação de uma anotação na LPA2v e encontrar uma metodologia de interpretação no seu reticulado representativo **τ.** Adotando-se o sistema de coordenadas cartesianas para o plano, as anotações de uma dada Proposição serão representadas por pontos no plano cartesiano. Esse sistema proposto é chamado de Quadrado Unitário no Plano Cartesiano (QUPC), onde os graus de evidência favoráveis μ ficam expostos no eixo *x*, e os valores dos graus de evidência desfavoráveis λ ficam expostos no eixo *y*, conforme representado na Figura 7.

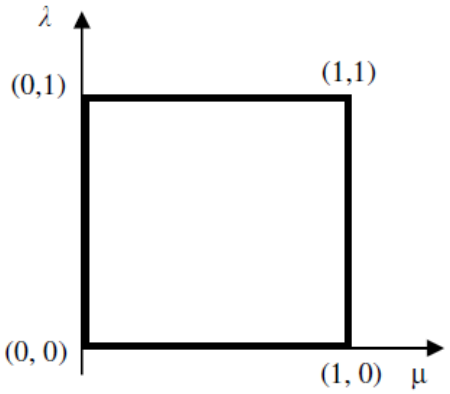


Figura 7: Quadro Unitário no Plano Cartesiano - QUPC.
(Fonte: DA SILVA FILHO, 2013)

Segundo estudos de Mário (2003), os valores de entrada (μ e λ), anotados em forma de evidências são equacionados gerando graus de certeza “Gc” e graus de contradição “Gct”, com valores variando entre -1 e 1 (Figura 8):

a) Grau de Certeza – Gc:

Gc = μ - λ

b) Grau de Contradição – Gct:

Gct = μ + λ – 1

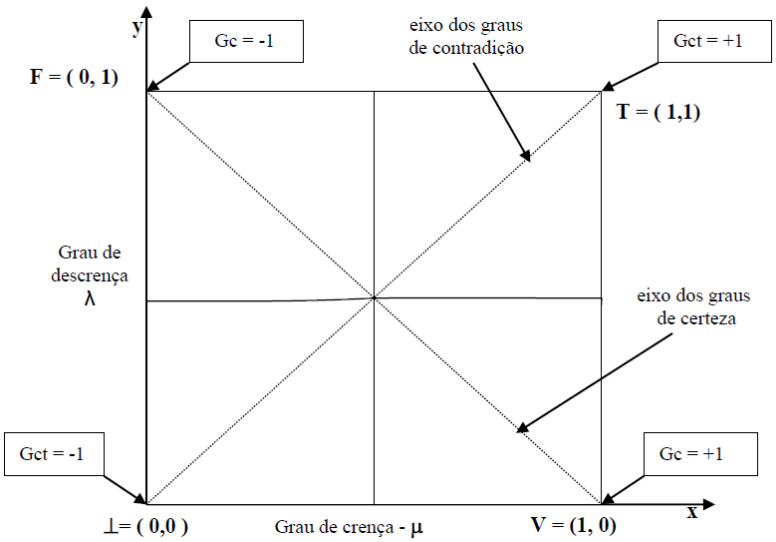


Figura 8: Representação do Reticulado QUPC.
(Fonte: MÁRIO, 2003)

Quando Gc = -1, significa que tem-se uma certeza máxima da negação da proposição (ponto F = (0,1)). Quando Gc = +1, significa que tem-se uma certeza máxima da afirmação da proposição (ponto V = (1,0)).

Quando Gct = -1, significa-se que tem-se uma contradição máxima negativa (ponto ⊥ = (0,0). Quando Gct = +1 (ponto T = (1,1)), representa-se uma contradição máxima positiva.

Analisando as interpolações nos graus de crença e descrença, verificamos que quanto mais estiverem próximas à reta FV, mais o resultado **μ + λ** se aproxima de 1, diminuindo o valor de Gct, representando uma menor contradição entre as informações de entrada. Analogamente, quanto mais a interpolação entre os graus de crença e descrença estiverem próximos à reta ⊥T, mais o resultado **μ - λ** se aproxima de 0, diminuindo o valor de Gc, representando uma menor certeza entre as informações de entrada (DA SILVA FILHO, 2006).

Segundo Da Silva Filho (2006), para todos os valores possíveis de graus de evidência, os valores resultantes obtidos dos Graus de Certeza Gc estão na reta horizontal do reticulado associado à Lógica Paraconsistente Anotada e comporão o

eixo denominado de *eixo dos graus de certeza*. De igual modo, para todos os valores possíveis dos graus de evidência, os valores resultantes obtidos dos Graus de Contradição Gct obtidos, irão compor o eixo vertical denominado *eixo dos graus de contradição*.

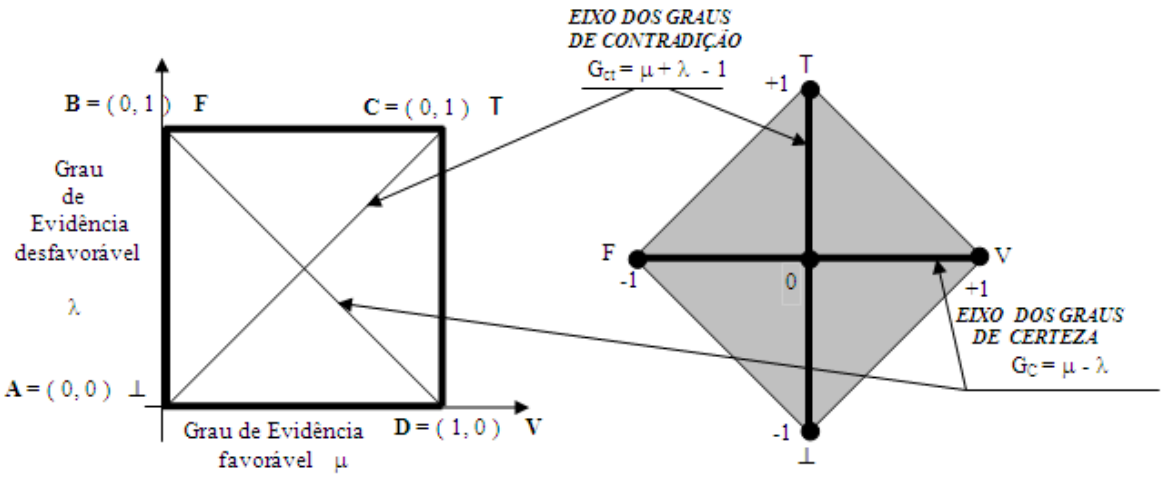


Figura 9: Representação dos eixos de certeza e de contradição do Reticulado LPA2v
(Fonte: DA SILVA FILHO, 2013)

É possível delimitar o reticulado, estabelecendo valores limites externos e arbitrários que determinarão o quanto o Grau de Certeza resultante é alto o suficiente para que a Proposição seja considerada como totalmente Verdadeira ou totalmente Falsa. Da mesma forma, tomando o eixo vertical ou de contradição, será possível estabelecer valores limites para que se considere o Grau de Contradição resultante alto o suficiente para que a Proposição seja considerada Totalmente Inconsistente ou Totalmente Indeterminada, conforme demonstra a Figura 10 (DA SILVA FILHO, 2013).

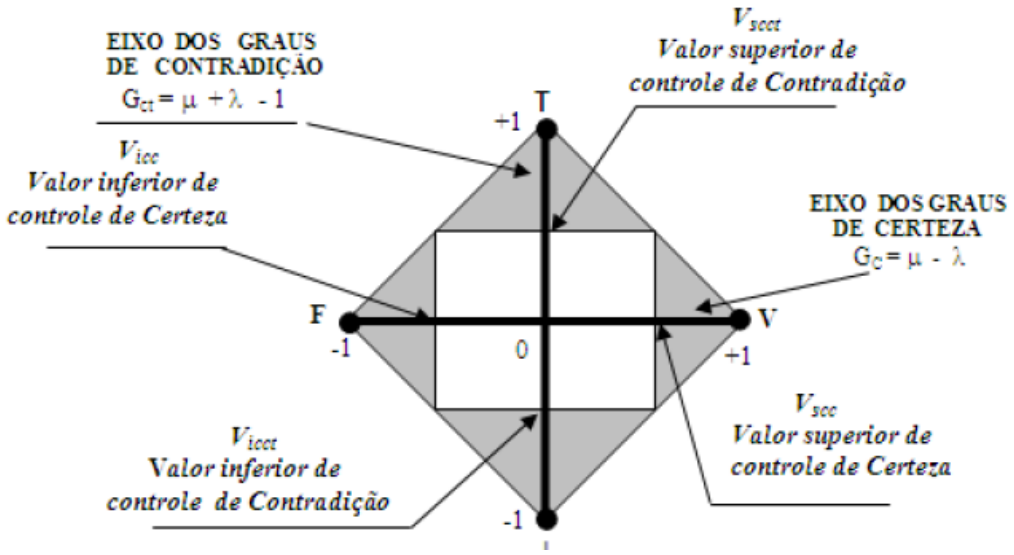


Figura 10: Representação do reticulado da LPA2v com valores ajustáveis nos controles limites indicados nos eixos.
(Fonte: DA SILVA FILHO, 2013)

Conforme apresentado no trabalho de Mário (2003), o reticulado pode ser delimitado conforme a relação abaixo:

Vicc: Valor inferior de controle de Certeza (variando entre 0 e -1);

Vscc: Valor superior de controle de Certeza (variando entre 0 e +1)

Vscct: Valor superior de controle de Contradição (variando entre 0 e +1);

Vicct: Valor inferior de controle de Contradição (variando entre 0 e -1);

Segundo Da Silva Filho (2006), com os cálculos dos valores dos eixos que compõem o reticulado da LPA2v, é possível delimitar internamente várias regiões de diversos tamanhos e formatos, obtendo-se assim uma discretização e a partir das regiões delimitadas do reticulado, obter estados lógicos resultantes, que serão obtidos pela interpolação dos Graus de Certeza Gc e de Contradição Gct. Dessa forma, para cada ponto haverá uma única região delimitada no reticulado, equivalente a um estado lógico resultante da análise. A Figura 11 mostra a representação do reticulado LPA2v seccionado em 12 (doze) regiões, ao que, ao final da análise se obterá como resposta um dos 12 possíveis estados lógicos.

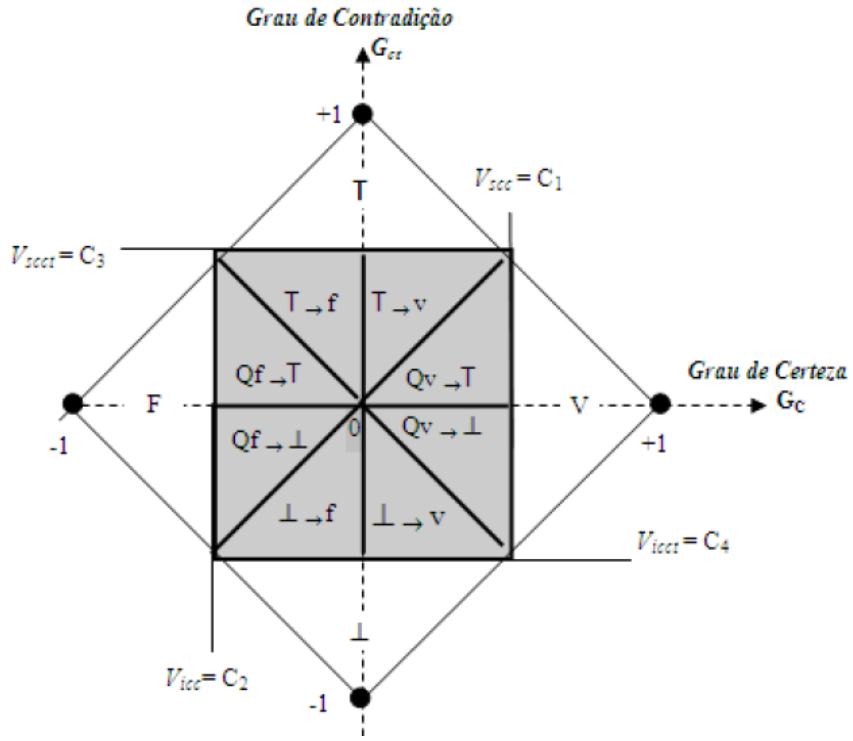


Figura 11: Representação do reticulado da LPA2v seccionado em 12 regiões delimitadas originando 12 estados lógicos resultantes.
(Fonte: DA SILVA FILHO, 2013)

São representados os quatro estados Lógicos Extremos e oito Não-Extremos que compõem o reticulado:

Estados Lógicos Extremos

T – Inconsistente

F – Falso

⊥ - Indeterminado ou Paracompleto

V – Verdadeiro

Estados Lógicos Não-Extremos

⊥ →f – Indeterminado tendendo ao falso

⊥ →v – Indeterminado tendendo ao verdadeiro

T →f – Inconsistente tendendo ao falso

T →v – Inconsistente tendendo ao verdadeiro

Qv →T – Quase verdadeiro tendendo ao inconsistente

Qf →T – Quase falso tendendo ao inconsistente

Qf →⊥ – Quase falso tendendo ao indeterminado

Qv →⊥ – Quase verdadeiro tendendo ao indeterminado

1.2.6. Algoritmo Para-Analisador

Com a descrição do reticulado da Figura 11 é possível obter o algoritmo Para-Analisador, que poderá ser implementado em qualquer linguagem de programação, representado a seguir:

Valores de Entrada:

μ - Grau de Evidência Favorável

λ – Grau de Evidência Desfavorável

Vscc – Valor Superior de Controle de Certeza

Vscct – Valor Superior de Controle de Contradição

Vicc – Valor Inferior de Controle de Certeza

Vicct – Valor Inferior de Controle de Contradição

Valores de Saída:

S1 = saída discreta

S2a = saída analógica

S2b = saída analógica

Consistências:

$0 \leq \mu \leq 1$

$0 \leq \lambda \leq 1$

Algoritmo:

/* Calcular graus de Certeza e Contradição: */

$Gc = \mu - \lambda$

$Gct = \mu + \lambda - 1$

/* Estados Lógicos Extremos */

Se $Gc \geq Vscc$ então S1 = V

Se $Gc \leq Vicc$ então S1 = F

Se $Gct \geq Vscct$ então S1 = T

Se $Gct \leq Vicct$ então S1 = $\perp$

/*Estados Lógicos Não Extremos */

Para $0 \leq Gc < Vscc$ e $0 \leq Gct < Vscct$

Se Gc ≥ Gct então S1 = Qv →T

Senão S1 = T →v

Para 0 ≤ Gc < Vscc e Vicct < Gct ≤ Vscct

Se Gc ≥ |Gct| então S1 = Qv →⊥

Senão S1 = ⊥ →v

Para Vicc < Gc ≤ 0 e Vicct < Gct ≤ Vscct

Se |Gc| ≥ |Gct| então S1 = Qf →⊥

Senão S1 = ⊥ →f

Para Vicc < Gc ≤ 0 e 0 ≤ Gct < Vscct

Se |Gc| ≥ Gct então S1 = Qf →T

Senão S1 = T →f

S2a = Gct

S2b = Gc

/* fim */

Após, a aplicação do algoritmo, cujo esquema pode ser observado na Figura 12, o sistema conclui que: a) se existir um alto Grau de Contradição, então não existe certeza ainda quanto à decisão e devem ser buscadas novas evidências; b) se existir um baixo Grau de Contradição, então se pode formular a decisão desde que também exista um alto Grau de Certeza (DA SILVA FILHO, 2006).

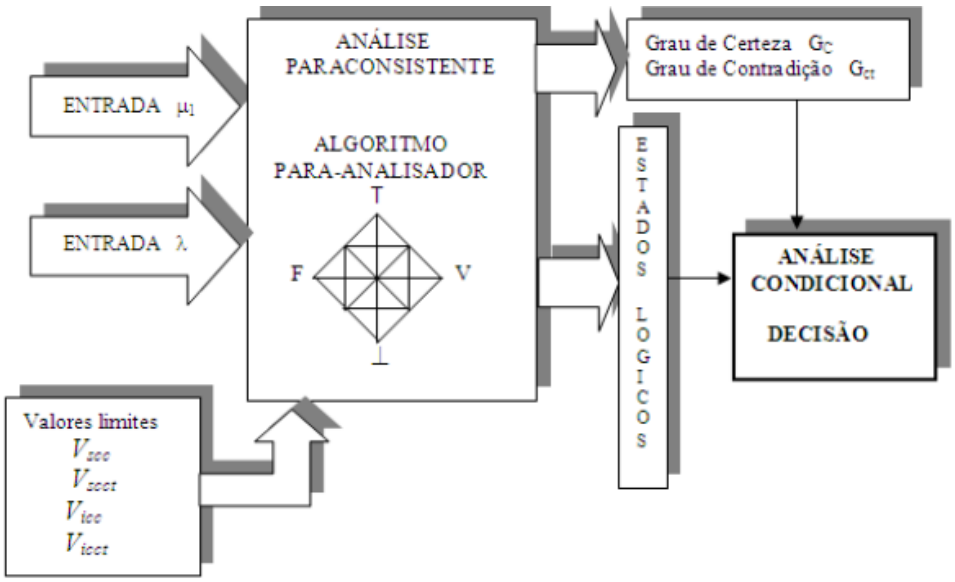


Figura 12: Representação de um sistema típico de análise paraconsistente utilizando o reticulado da LPA2v repartido em 12 regiões delimitadas.
(Fonte: DA SILVA FILHO, 2013)

Os conceitos apresentados até o presente momento servirão de base para o entendimento do funcionamento da Célula Neural Artificial Paraconsistente, componente indispensável para implementação de uma Rede Neural Artificial Paraconsistente (RNAP).

1.2.7. Célula Artificial Paraconsistente Básica

De acordo com Da Silva Filho (1999), pode-se considerar como sendo uma célula artificial paraconsistente básica um algoritmo simplificado, cujo esquema pode ser visto na Figura 13. Onde temos como saída os Estados Lógicos Extremos (T, F, V, ⊥) acrescidos de uma indefinição, representada por ***I***, quando a saída não está enquadrada dentro da faixa de valores dos Estados Lógicos Extremos.

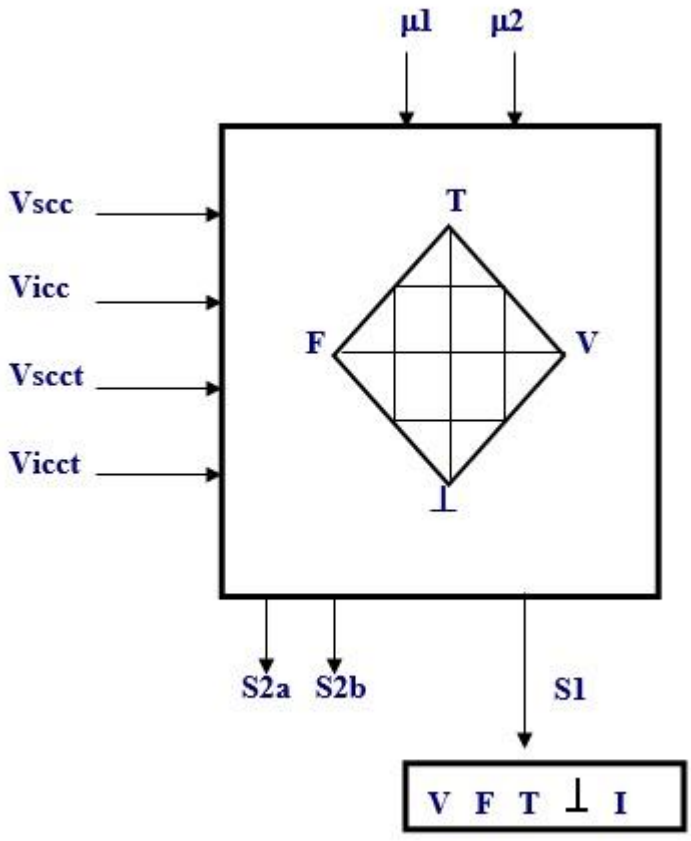


Figura 13: Célula Artificial Paraconsistente Básica.
(Fonte: MARIO, 2003)

1.2.8. Célula Neural Artificial Paraconsistente Básica(CNAPb)

Com a contribuição dos estudos de Abe (1992) e Da Silva Filho (1999), onde foi construído um analisador paraconsistente (*para-control*), foram sugeridas várias ideias ligadas à robótica. Com base neste trabalho inspirou-se a confecção de um modelo de célula neural que possui propriedades que permitem aceitar e tratar sinais contraditórios, combinando várias dessas células, formando uma rede, que pode armazenar dados em conflito e manipulá-los.

De acordo com Souza (2009), Redes Neurais Artificiais são inspiradas no funcionamento do cérebro, tentando assim imitá-lo por meio de técnicas computacionais, com o fim de adquirir, armazenar e utilizar o conhecimento.

Uma Célula Neural Artificial Paraconsistente Básica (Figura 14) é o menor componente de uma Rede Neural Artificial Paraconsistente, com comportamento definido. Conectando-se várias dessas células, tem-se uma Unidade Neural Artificial Paraconsistente (UNAP), que por sua vez, agrupadas dão origem a uma Rede Neural Artificial Paraconsistente (RNAP).

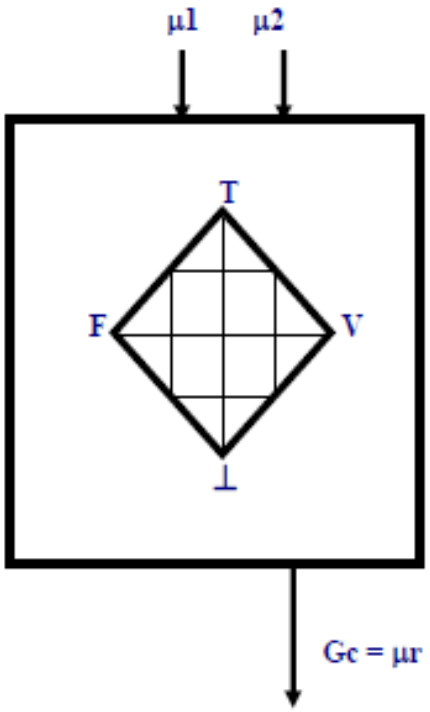


Figura 14: Célula Neural Artificial Paraconsistente Básica
(Fonte: MARIO, 2003)

Segundo Mario (2003), na Célula Neural Artificial Paraconsistente básica, o resultado da análise vem em forma de um valor analógico do grau de certeza (G_c = μr). O grau de certeza é, dentro da rede, transferido a outras células como informação de entrada.

De acordo com Da Silva Filho(2007), na CNAP, o resultado da análise paraconsistente é um valor de crença que denota a certeza à respeito da proposição analisada. O valor relativo ao grau de crença resultante deve estar dentro do intervalo real fechado [0,1] e é obtido através do grau de Certeza G_c.

Normalizando a equação do grau de certeza, obtemos a equação de saída que determina o valor equivalente ao grau de crença resultante da análise paraconsistente:

$$\mu_r = \frac{Gc+1}{2}$$

Como Gc = μ - λ, é possível substituir por:

$$\mu_r = \frac{\mu-\lambda+1}{2}$$

Esta equação é denominada de Equação Estrutural Básica, sendo a mais importante na análise paraconsistente porque é a base que vai compor a estrutura de todas as Células Neurais Paraconsistentes estudadas (DA SILVA FILHO, 2006).

De acordo com Mario (2003), existem vários outros tipos de Células Neurais Artificiais Paraconsistentes, onde cada um dos tipos é um aperfeiçoamento e tratamento do algoritmo Para-Analisador, e terão várias funções diferenciadas, todas baseadas nas equações da Lógica Paraconsistente Anotada. Dentre as quais são citadas as Células Neurais Artificiais Paraconsistentes: de Conexão Analítica, de Conexão Lógica Simples, de Conexão Lógica Seletiva, de Passagem, de Complementação, de Decisão, de Aprendizagem, de Memorização, etc. Todas são fundamentadas em equações matemáticas que permitem sua implementação através de hardware e *software*.

O estudo foi aprofundado na Célula Neural Paraconsistente de Aprendizagem, pois foi utilizada nos ensaios que feitos nesse trabalho.

1.2.9. Célula Neural Artificial Paraconsistente de Aprendizagem – CNAPa

De acordo com Silva (2011), as CNAPa são treinadas para aprender um determinado padrão, utilizando as equações providas pela Lógica Paraconsistente como método para determinação do aprendizado, devendo aprender qualquer valor real no intervalo fechado [0,1], aplicado sucessivamente na entrada da célula.

Na Figura 15 é apresentada sua representação simbólica, onde pode ser observado que o valor a ser “aprendido” é chamado de padrão µ1r, e é aplicado na entrada da célula. A saída da célula realimenta a entrada complementada **C.** Como primeiro valor para a entrada **C** é utilizado o valor 0.5, que equivale a um valor indefinido na LPA2v (MARIO, 2003).

É inserido também, durante o processo de aprendizagem um Fator de Aprendizagem (Fa), podendo ser ajustado externamente e, dependendo desse ajuste, o aprendizado será mais rápido ou mais lento. Quando Fa = 1.0, a aprendizagem é otimizada.

Segundo simulações efetuadas em (MARIO, 2003) são necessários ao menos 15 treinamentos com Fa = 1, para que um valor analógico entre “0” e “1” seja completamente aprendido.

A medida que são inseridos novos valores de entrada, é determinado o Grau de Crença Resultante da saída, e este valor realimenta a entrada **C** da célula de aprendizagem. Conforme valores novos vão sendo inseridos na Célula de Aprendizagem, há uma tendência do Grau Resultante desta célula “aprender” o Grau de Crença de Entrada.

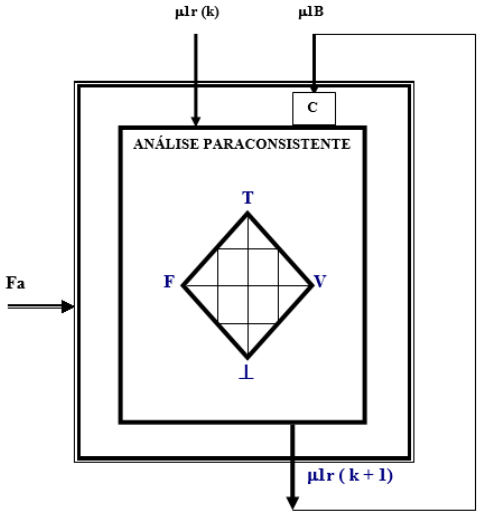


Figura 15: Célula Neural Artificial Paraconsistente de Aprendizagem.
(Fonte: MARIO, 2003)

Segundo Mario (2003), a equação de aprendizagem é definida como:

$$\mu 1r(k+1) = \frac{[(\mu 1r(k) - (1 - \mu 1B) * Fa) + 1]}{2}$$

e considera que o processo foi completado quando $\mu 1r(k+1) = \mu 1r(k)$.

O esquema de aprendizado de um padrão através de aproximação funcional para uma célula de aprendizagem pode ser observado através da Figura 16, onde está sendo exemplificada para um padrão de sinal senoidal.

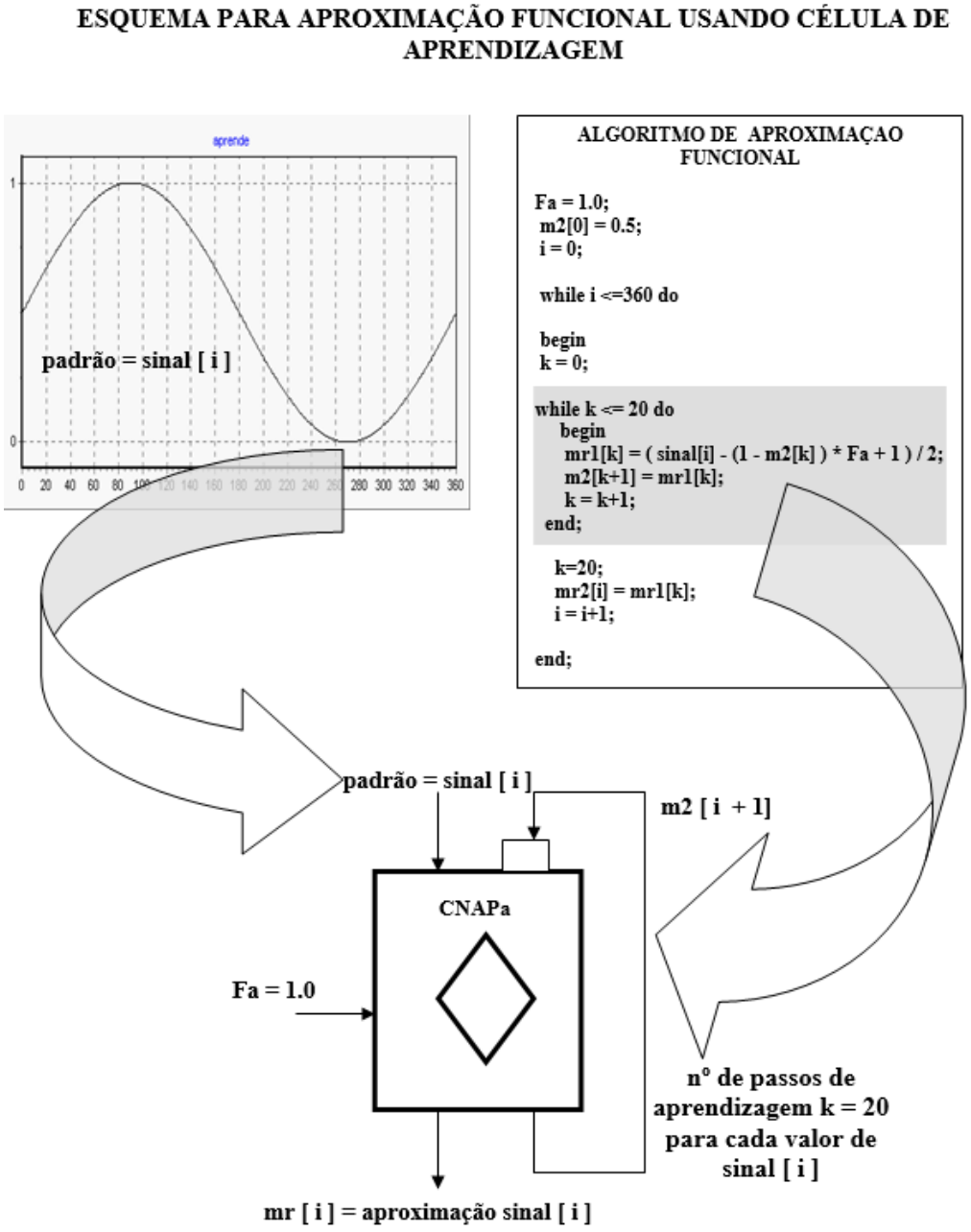


Figura 16: Célula Neural Artificial Paraconsistente de Aprendizagem usada para aproximação funcional.
(Fonte: MARIO, 2003)

O sinal de saída gerado, quando utilizado o Fator de Aprendizagem igual a 1 é uma reprodução perfeita do padrão de entrada, onde não se distingue o sinal aprendido do sinal aplicado.

Efetuando variações no Fator de Aprendizagem, é possível obter curvas de amostras com valores tanto acima quanto abaixo da amostra normalizada. Neste projeto essa técnica foi utilizada para determinar os limites superiores e inferiores da curva típica de medição de um período.

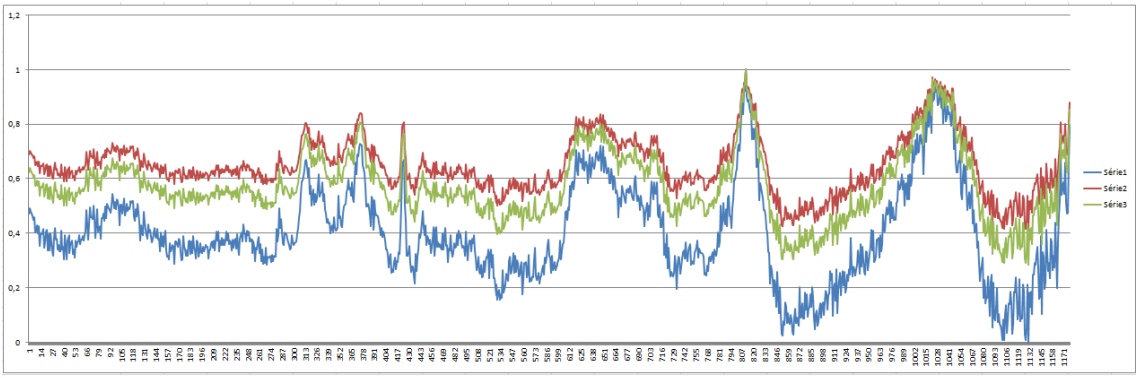


Figura 17: Curvas de amostras submetidas às células de aprendizagem
(Fonte: MARIO, 2003)

A Figura 17 mostra o resultado gráfico de amostras submetidas às células de aprendizagem. A série representada pela cor verde é a curva de matriz de amostra normalizada. A série representada pela cor vermelha é a curva de amostra com FA maior e a série representada pela cor azul é a curva de matriz de amostra com FA menor.

1.3. Softwares utilizados na construção da Aplicação

A seguir são descritos os *softwares* utilizados para a construção da aplicação utilizada para demonstrar os conceitos estudados neste trabalho. A aplicação permite a seleção de períodos, bem como a geração de gráficos para comparação de padrões localizados.

1.3.1. Banco de Dados Microsoft SQL Server

Como Banco de Dados, foi utilizado o *Microsoft* ® SQL Server 2012 *Express*, um sistema gratuito de gerenciamento de dados avançado e confiável que fornece um repositório de dados avançados para sites leves e aplicativos para a área de trabalho.

O *Microsoft*® SQL *Server* 2012 *Express* é uma edição gratuita com muitos recursos do SQL *Server* que é ideal para o desenvolvimento sem custo de aplicações. O pacote SQL *Server* 2012 *Express* inclui a versão completa do servidor de banco de dados, bem como do SQL *Server* 2012 *Management Studio*, uma interface gráfica que permite a criação de bancos de dados, tabelas e outros objetos e a execução de comandos e scripts. Possui as versões de 32 e de 64 bits.

A seguir são listados alguns outros recursos muito interessantes que facilitam o desenvolvimento, utilização e integração com outras plataformas:

- Integração com o ambiente de programação *Microsoft*® *Visual Studio* e com o CLR (*Commom Language Runtime*), possibilitando que rotinas utilizadas no banco de dados sejam desenvolvidas em uma linguagem de alto nível, como por exemplo, C#.
- Vasta documentação, através do *Books on Line* que explora, através de textos e exemplos, os recursos do Sistema Gerenciador de Banco de Dados, oferecendo ao desenvolvedor suporte à linguagem T-SQL, à criação e manipulação de objetos, à manutenção do banco de dados, à segurança, etc.
- Facilidade de importação e exportação de dados entre plataformas e bancos de dados diferentes, através do *Integration Services*.
- Outros recursos tais como: Suporte à internacionalização, suporte a XML Nativo, *Intelisense*, suporte a Auditoria, etc.

A versão *Express* do *Microsoft* SQL *Server* 2012 possui algumas limitações, cujas principais são:

- Cada arquivo de Banco de Dados pode possuir até 10 Gb;
- Utiliza 1 Gb de memória RAM;
- Utiliza somente um processador;

Requisitos do sistema:

- Sistemas Operacionais Compatíveis: *Windows 7; Windows 8; Windows Server 2008 R2 SP1; Windows Server 2012; Windows Vista Service Pack 2;*
- Processador: Intel - processador compatível com uma velocidade mínima de 1 GHz ou mais rápido;
- RAM: Mínimo de 512 MB;
- Espaço em disco rígido: 4,2 GB de espaço em disco;

1.3.2. Ambiente de Desenvolvimento e Linguagem de Programação

Foi utilizado para o desenvolvimento do sistema o pacote *Microsoft*® *Visual* Studio 2013 e utilizando C# (C *Sharp*) como linguagem de programação. Optou-se por este ambiente por ser um ambiente consolidado, totalmente orientado a Objeto, e com total integração ao Banco de Dados com as informações de medições.

Como metodologia, o sistema foi desenvolvido em camadas, onde cada camada faz sua função específica, facilitando o desenvolvimento, integração e manutenção do projeto.

Foi estruturado da seguinte maneira:

a) Camada de Acesso aos Dados (DAL) – onde é feita a comunicação com o banco de dados e a construção dos objetos que interagem com o mesmo;
b) Camada de Negócios (BLL) – onde são feitas e armazenadas as regras de negócio e validações, fazendo a comunicação entre a camada de acesso aos dados (DAL) e a camada de Interface (UI).
c) Camada de Interface (UI) – Responsável pela interação com o usuário, permitindo a leitura de informações e a apresentação de resultados. Comunica-se diretamente com a camada de negócios.

2. OBJETIVOS

O trabalho consiste em estudar, analisar e tratar medições feitas em determinadas subestações de energia elétrica, armazenadas em uma base de dados, procurando através do estudo de vários períodos de medições elaborar métodos que permitam identificar atipicidades de grandezas elétricas, considerando vários fatores e variáveis externas, pois segundo a ANEEL, o consumo é fortemente influenciado por eles, como por exemplo:

a) a influência da estação do ano e temperatura, pois um dia frio implica em um consumo maior de energia;
b) o consumo em um dia normal ou um fim de semana, principalmente em regiões comerciais;
c) o consumo em determinados meses do ano, seja pela temperatura ou pelo excesso de datas festivas, comerciais, etc.

Existe uma grande variedade de meios de obtenção e armazenamento de informações no mundo real, tais como equipamentos, sistemas de controle, automação, etc., e nesses diversos processos e fontes diferentes, são obtidos muitas vezes dados contraditórios, que podem ocorrer por diversos motivos tais como medições errôneas, falhas em equipamentos e falhas humanas. Segundo Da Silva Filho e Scalzitti (2009), se aplicados dados incertos e contraditórios em sistemas estruturados com lógicas clássicas não seria obtido o resultado desejado, isso se for possível obter algum resultado. Os sistemas convencionais estruturados em lógica clássica, não admitem contradições e, quando não travam o processamento não conseguem dar respostas adequadas em um custo computacional razoável (DA SILVA FILHO et al.,2012). A Lógica Paraconsistente apresenta alternativas que visam tratar essas inconsistências e contradições, apresentando valores lógicos além de verdadeiro (V) e falso (F), também outros, tais como; o indeterminado ($\perp$) e o inconsistente (T).

Por essas características, neste trabalho foi desenvolvido um modelo baseado em algoritmos extraídos dos fundamentos da Lógica Paraconsistente Anotada de dois Valores (LPA2v), que tem se mostrado eficiente nas análises em sinais provenientes de bancos de dados incertos, oferecendo um melhor tratamento para as imprecisões e inconsistências existentes (FERRARA et al., 2011). A aplicação da LPA2v possibilita

o tratamento conveniente dos dados, extraindo evidências relativas ao significado de medidas que fogem do padrão normal de carga e possibilitando a identificação do real estado do sistema. Dessa forma, oferece ao gerenciamento importante evidência de apoio para previsões mais acertadas, visando tomar ações que visem minimizar falhas ou situações atípicas que possam ocasionar a falta de energia elétrica.

Esse modelo poderá tratar e interpretar de modo satisfatório, dados resultantes de medições incompletas ou contraditórias, permitindo o uso dessas informações para que se possam caracterizar os chamados padrões “típicos” e, através desses, conseguir isolar e identificar períodos atípicos de consumo.

O objetivo é que o método proposto melhore a qualidade do processo, visando a identificação de dias atípicos mais representativa possível e que a identificação dessas atipicidades na forma de valores possam futuramente ser tratados por algoritmos, técnicas ou métodos de previsão, agregando esse tratamento de informações ao conjunto de dados históricos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Através do tratamento das informações de medições contidas nos bancos de dados de uma distribuidora de energia elétrica, e utilizando-se um modelo baseado na Lógica Paraconsistente Anotada de Dois valores (LPA2V), pretende-se caracterizar e isolar dias atípicos de consumo de Energia Elétrica.

Podemos classificar um dia atípico de consumo como aquele em que houve um aumento ou diminuição anormal do consumo de Energia Elétrica. Para determinar o que é um dia atípico, primeiramente deve ser identificado o que é um dia típico, pois podem existir vários padrões de consumo de Energia Elétrica influenciados por várias determinantes, tais como dias da semana, temperatura de certa época do ano, feriados e épocas festivas, etc.

3.1. Modelagem e Importação do Banco de Dados

Para a construção do modelo que permitisse essa caracterização foi utilizado um banco de dados de um padrão típico de uma subestação de energia elétrica com medições diárias em intervalos de 05 (cinco) minutos ao longo de quatro meses no ano de 2008. Esses dados constituem uma série temporal, que é um conjunto de observações ordenadas no tempo e que apresentam dependência serial (BARROS, 2003).

A base de dados original, armazenada no Banco de Dados *Microsoft ® Acess*, dividida em vários arquivos mensais, totalizava no período analisado cerca de 4.100.000 (quatro milhões e cem mil) medições feitas em diversos equipamentos, tais como transformadores, banco de capacitores, disjuntores, etc. A estrutura de armazenamento das informações como foi gerada, conforme Figura 18.

Nome do campo	Tipo de dados
ID_MEDIDA	Numeração Automática
ID_SUBSTN	Texto Curto
ID_DEVTYP	Texto Curto
ID_DEVICE	Texto Curto
NAME_DEVICE	Texto Curto
ID_ANALOG	Texto Curto
DFLAGS_ANALOG	Número
DIS_ANALOG	Texto Curto
FLDTIME_ANALOG	Texto Curto

Figura 18: Estrutura original da tabela de medições

A seguir é listada a estrutura da tabela de medições, ou seja, o tipo de informação que cada campo armazena nessa estrutura.

Tabela 1 - Descrição das informações armazenadas na tabela original de medições

Nome do Campo	Descrição
ID_Medida	Identificador da Medição
ID_Substn	Identificador da Subestação
ID_DevTyp	Tipo do Equipamento
ID_Device	Identificador do Equipamento
Name_Device	Nome do Equipamento
Id_Analog	Identificador do Analógico
DFlags_Analog	Conjunto de flags de qualidade do analógico
DIS_Analog	Valor da Medição
Fldtime_Analog	Horário da Medição

Em uma próxima etapa, visualizou-se o conteúdo das informações armazenadas na estrutura e identificou-se que pertenciam a vários tipos de equipamentos, conforme Figura 19.

TB_MEDICOES

ID_MEDIDA	ID_SUBSTN	ID_DEV	ID_DEVICE	NAME_DEVI	ID_ANALOG	DFLAGS_AN	DIS_ANALOG	FLDTIME_ANALOG
1	0	0	0	0	0	0	10.66	1/1/2001 01:01:01
2	DDIA	TR	TR1_SEC_B1		AV	30	387.99	01/09/2007 00:00
3	DDIA	TR	TR1_SEC_B1		AB	30	385.64	01/09/2007 00:00
4	DDIA	TR	TR1_SEC_B1		AA	30	416.12	01/09/2007 00:00
5	DDIA	TR	TR1_SEC_B1		KVV	30	13.57	01/09/2007 00:00
6	DDIA	TR	TR1_SEC_B1		KVB	30	13.52	01/09/2007 00:00
7	DDIA	TR	TR1_SEC_B1		KVA	30	13.32	01/09/2007 00:00
8	DDIA	TR	TR1_SEC_B3		AV	30	337.58	01/09/2007 00:00
9	DDIA	TR	TR1_SEC_B3		AB	30	306.52	01/09/2007 00:00
10	DDIA	TR	TR1_SEC_B3		AA	30	322.93	01/09/2007 00:00
11	DDIA	TR	TR1_SEC_B3		KVV	30	13.61	01/09/2007 00:00
12	DDIA	TR	TR1_SEC_B3		KVB	30	13.64	01/09/2007 00:00
13	DDIA	TR	TR1_SEC_B3		KVA	30	13.42	01/09/2007 00:00
14	DDIA	TR	TR2_SEC_B2		AV	30	642.34	01/09/2007 00:00
15	DDIA	TR	TR2_SEC_B2		AB	30	620.66	01/09/2007 00:00
16	DDIA	TR	TR2_SEC_B2		AA	30	598.39	01/09/2007 00:00
17	DDIA	TR	TR2_SEC_B2		KVV	30	13.82	01/09/2007 00:00
18	DDIA	TR	TR2_SEC_B2		KVB	30	13.82	01/09/2007 00:00
19	DDIA	TR	TR2_SEC_B2		KVA	30	13.68	01/09/2007 00:00
20	DDIA	TR	TR2_SEC_B4		AV	30	523.37	01/09/2007 00:00
21	DDIA	TR	TR2_SEC_B4		AB	30	375.68	01/09/2007 00:00
22	DDIA	TR	TR2_SEC_B4		AA	30	577.88	01/09/2007 00:00
23	DDIA	TR	TR2_SEC_B4		KVV	30	13.61	01/09/2007 00:00
24	DDIA	TR	TR2_SEC_B4		KVB	30	13.56	01/09/2007 00:00
25	DDIA	TR	TR2_SEC_B4		KVA	30	13.34	01/09/2007 00:00
26	DDIA	LN	LN1_DIA		AB	30	114.99	01/09/2007 00:00
27	DDIA	LN	LN2_DIA		AB	30	183.91	01/09/2007 00:00

Figura 19: Visualização das medições armazenadas no banco de dados original.

Na sequência foi levantado os tipos de equipamento cadastrados e a quantidade de medições existentes para cada um deles, sendo obtido o resultado exibido na Tabela 2.

Tabela 2 - Descrição dos tipos de equipamentos armazenados na tabela original de medições

Equipamento	Descrição	Medições
TR1_SEC_B1	Transformador Secundário	288618
TR1_SEC_B3	Transformador Secundário	288618
TR2_SEC_B2	Transformador Secundário	288618
TR2_SEC_B4	Transformador Secundário	288618
LN1_DIA	Linha	35200
LN2_DIA	Linha	35200
DJ7	Disjuntor	105600
DJ8	Disjuntor	105600
CT100	Disjuntor de Carga	140800
CT101	Disjuntor de Carga	140800
CT102	Disjuntor de Carga	140800
CT103	Disjuntor de Carga	140800
CT104	Disjuntor de Carga	140800
CT105	Disjuntor de Carga	140800
CT106	Disjuntor de Carga	140800
CT107	Disjuntor de Carga	140800
CT108	Disjuntor de Carga	140800
CT109	Disjuntor de Carga	140800
CT110	Disjuntor de Carga	140800
CT111	Disjuntor de Carga	140800
CT112	Disjuntor de Carga	140800
CT113	Disjuntor de Carga	140800
CT114	Disjuntor de Carga	140800
CT115	Disjuntor de Carga	140800
BC1	Banco de Capacitores	105600
BC2	Banco de Capacitores	105600
BC3	Banco de Capacitores	105600
BC4	Banco de Capacitores	105600
0	Erro / falta de medição	4

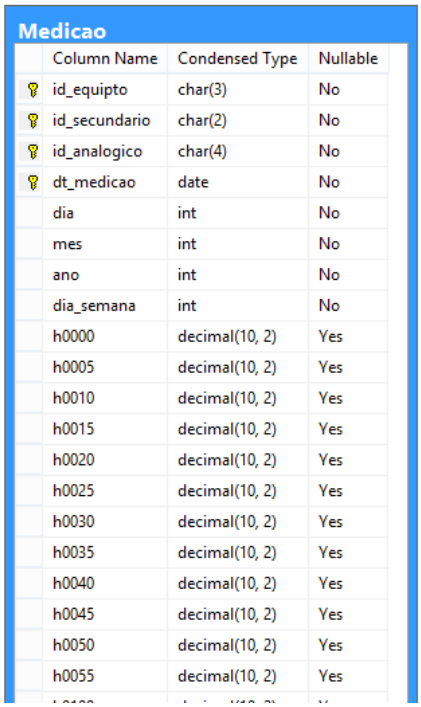
Feita a análise dos dados armazenados foram identificados alguns problemas:

a) A grande maioria dos atributos são do tipo texto, dificultando a manipulação e também que sejam feitos cálculos de maneira direta sobre seus valores;

b) Nas medições foram detectados: a ausência de dados (presença de zeros ou nulos); grande volume de dados heterogêneos; valores ausentes entre os dados; inconsistências;
c) Utilização do SGBD apenas como repositório de dados;
d) Estrutura da tabela pouco flexível para manipulação e tratamento dos dados armazenados.

Uma vez identificados os problemas, em uma primeira etapa foi criado um novo modelo de banco de dados, utilizando o SGBD MS SQL *Server*, com uma nova estrutura, que permitisse uma maior flexibilidade para pesquisa de informações e conversão dos valores numéricos antes armazenados como texto, em números.

Na sequência, os valores dos bancos de dados originais foram convertidos para os valores adequados e importados para o novo banco e estrutura, exibido na Figura 20, que possibilita de um modo simplificado a extração de quaisquer dados referentes às medições.



Medicao

Column Name	Condensed Type	Nullable
id_equipto	char(3)	No
id_secundario	char(2)	No
id_analogico	char(4)	No
dt_medicao	date	No
dia	int	No
mes	int	No
ano	int	No
dia_semana	int	No
h0000	decimal(10, 2)	Yes
h0005	decimal(10, 2)	Yes
h0010	decimal(10, 2)	Yes
h0015	decimal(10, 2)	Yes
h0020	decimal(10, 2)	Yes
h0025	decimal(10, 2)	Yes
h0030	decimal(10, 2)	Yes
h0035	decimal(10, 2)	Yes
h0040	decimal(10, 2)	Yes
h0045	decimal(10, 2)	Yes
h0050	decimal(10, 2)	Yes
h0055	decimal(10, 2)	Yes

Figura 20: Estrutura da tabela Medição convertida.

Como pode ser observado na Figura 20, cada linha da tabela armazena a informação completa de todas as medições de um determinado dia, além de

informações do tipo de equipamento, do dia, mês, ano, dia da semana, etc., facilitando desta maneira a recuperação de várias linhas que possuam características semelhantes, bem como, uma vez localizado, estarem disponíveis todas as informações de maneira linear.

Foi criado também uma tabela que permitirá o cadastramento e armazenamento de feriados / datas festivas, uma informação importante que necessita ser levantada quando da elaboração de padrões, pois como visto, esse tipo de data pode ter, devido suas características, comportamento anormal de consumo. Nessa estrutura será armazenado a data do feriado e sua respectiva descrição (Figura 21).

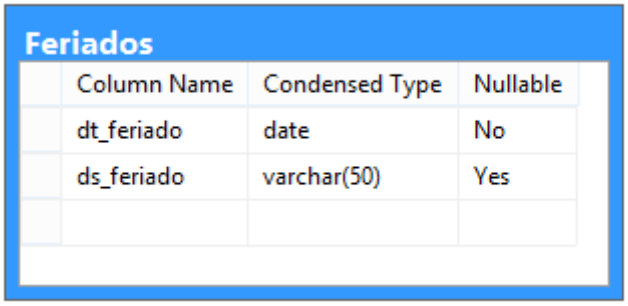


Figura 21: Estrutura da tabela de Feriados

Para efeito de uso na aplicação, foram considerados para caracterizar um determinado período os dados de um dos transformadores, pois isolados são capazes de demonstrar o perfil do consumo.

3.2. Aplicação Desenvolvida – Analisador Paraconsistente de Atipicidades

Os dados obtidos e armazenados necessitam ser analisados, pois o real valor deles reside na informação que se pode extrair, compondo o conhecimento, essencial para qualquer organização.

Para a obtenção desse conhecimento, na forma de informação, que é o dado processado, na etapa seguinte foi desenvolvida uma aplicação que permite utilizar, filtrar e normalizar os dados importados da base original. Essa aplicação foi escrita utilizando-se a linguagem C#, utilizando-se conceitos de orientação a objeto e desenvolvimento em camadas, facilitando a manipulação dos dados e manutenção do sistema. A figura 22 exibe a tela principal da aplicação.

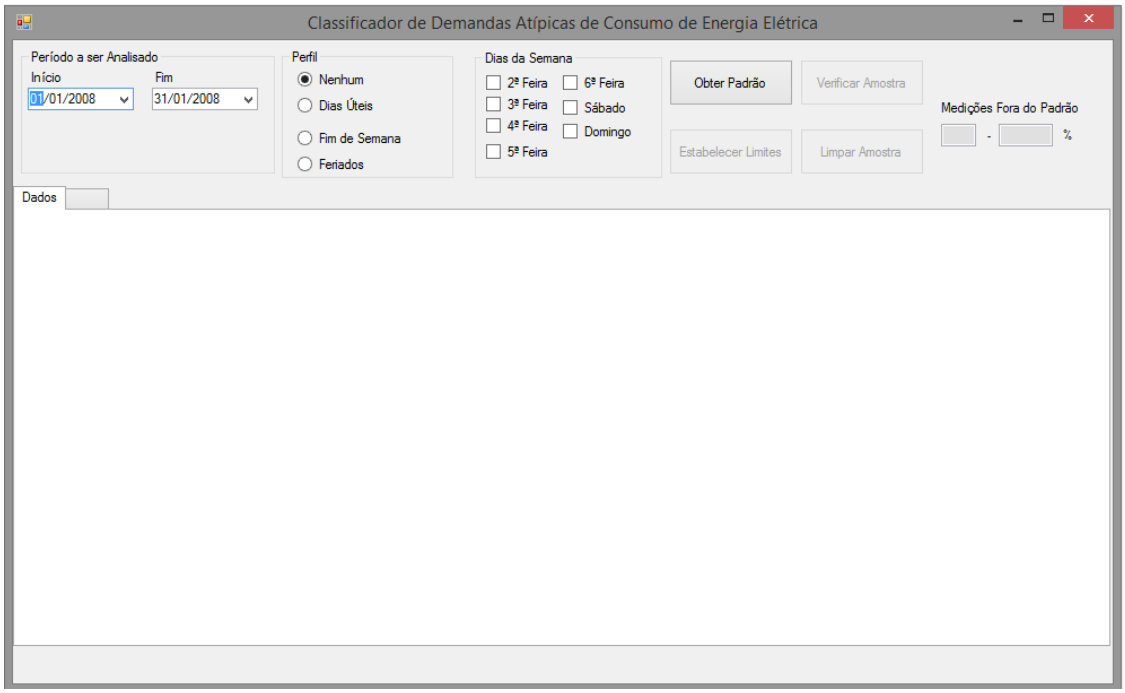


Figura 22: Tela Principal da Aplicação.

Nesta tela, primeiramente deverá ser selecionado um período a ser analisado (Figura 23). Este período, caracterizado pela informação de uma data inicial e uma data final poderá ser utilizado de acordo com as características da classificação a ser feita ou verificação de uma amostra para comparação com o padrão, ou seja, poderá ser isolando um dia específico ou um período de vários dias.

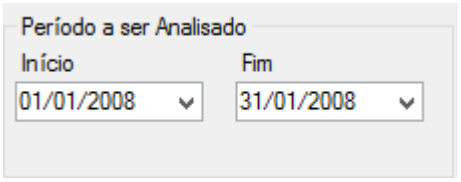


Figura 23: Seleção do período a ser analisado.

A seguir deverá ser selecionado um dos perfis disponíveis:

a) Nenhum – caso este perfil seja selecionado, deverá obrigatoriamente ser marcado pelo menos um dia de semana disponível, caso contrário uma mensagem de erro será exibida;
b) Dias úteis – esta opção marca automaticamente todos os dias úteis em uma semana (segunda-feira, terça-feira, quarta-feira, quinta-feira e sexta-feira) – não permite marcar outros dias (Figura 24);

c) Fim de Semana – esta opção marca automaticamente os dias de fim de semana (sábado e domingo) – não permite marcar outros dias;
d) Feriados – esta opção desmarca todos os dias e considera apenas os feriados existentes no período. Para tanto os feriados necessitam estar cadastrados na tabela de feriados existentes no banco de dados;

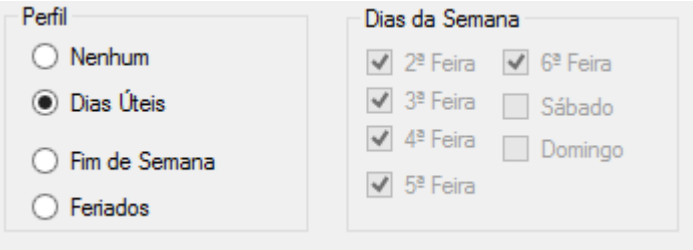


Figura 24: Seleção de um dia útil

Após a seleção do período e perfil de dias a serem analisados, pressionando-se o botão “Obter Padrão”, a aplicação buscará no banco de dados todos os registros do período informado que atendam as condições selecionadas. A seguir fará a normalização dos valores de todas as medições para o intervalo de [0,1] e através dos algoritmos da Lógica Paraconsistente Anotada, mais especificamente a Célula Neural Artificial Paraconsistente (CNAP), usará como entrada as medições normalizadas calculadas e “aprenderá” a curva para a esta seleção, obtendo-se assim um perfil que demonstra as características do período e tipos de dias selecionados. Essa curva é obtida analisando-se 288 (duzentos e oitenta e oito pontos) de medição, pois as medições foram armazenadas em períodos de 5 em 5 minutos no decorrer de cada dia. A Figura 25, por exemplo, exibe o padrão dos “Dias Úteis” obtidos no período de 01/01/2008 a 31/01/2008.

Sendo determinado o perfil padrão, é possível, variando o fator de aprendizagem da CNAP, determinar uma margem de segurança superior e inferior, ou seja, permitir que quando determinada amostra de dia ou período for analisada, seja possível uma margem de segurança, tanto superior quanto inferior, antes de caracterizar a medição como sendo fora do padrão estabelecido. Nessa aplicação, esse tratamento é feito através do botão “Estabelecer Limites”, conforme demonstrado na Figura 26.

Os códigos abaixo demonstram as rotinas chamadas neste processo. No momento da chamada, já existe um vetor normalizado correspondente ao padrão caracterizado. Primeiramente é chamada a rotina *GeraLimites()*, recebendo como parâmetros ***fa***, correspondente ao Fator de Aprendizagem e treinos, que corresponde ao número de treinos ou número de passos para a aprendizagem. Essa rotina é chamada por duas vezes, variando-se o parâmetro ***fa***, para a determinação das curvas superior e inferior.

```
private void GeraLimites(Double fa, int treinos)
    {
        int s = tn.Columns.Count;
        int f = 0;
        Double valor;
        Double[] normalizada = new Double[s];
        Double[] mr2 = new Double[s];
        mr2.Initialize();
        for (int i = 0; i < s; i++)
            normalizada[i] = Double.Parse(tn.Rows[0][i].ToString());

        while (f < s)
        {
            valor = CNAP(normalizada[f], fa, treinos);
            mr2[f] = valor;
            f++;
        }
        tn.Rows.Add();
        int linha = tn.Rows.Count - 1;
        for (int i = 0; i < s; i++)
            tn.Rows[linha][i] = mr2[i];
    }
```

Esta função por sua vez, a cada valor do vetor, faz uma chamada à função CNAP(), que implementa a equação de aprendizagem, demonstrada conforme a Figura 16, e recebe como parâmetros o valor da medição, ou valor de entrada, fator de aprendizagem e número de passos de aprendizagem, devolvendo o valor aprendido de acordo com os parâmetros informados e que servirão para a determinação dos valores dos limites superiores e inferiores da curva padrão de tipicidade.

```
private double CNAP(double Mi, Double fa, int treinos)
    {
        Double[] mr1 = new Double[treinos];
        Double[] m2 = new Double[treinos];

        mr1.Initialize();     //preenche com zeros
        m2.Initialize();     //preenche com zeros
        //inicializa o primeiro valor de aprendizado
        m2[0] = 0.5;
        for (int k = 0; k < treinos; k++ )
        {
            mr1[k] = ((Mi - (1 - m2[k]) * fa) + 1) / 2;
            if (k < treinos - 1) m2[k + 1] = mr1[k];
        }
        return  mr1[treinos - 1];
    }
```

Os pontos da amostra que estiverem dentro desses limites serão considerados dentro do padrão, ou seja, dentro da tipicidade do perfil correspondente aos dias e período selecionados.

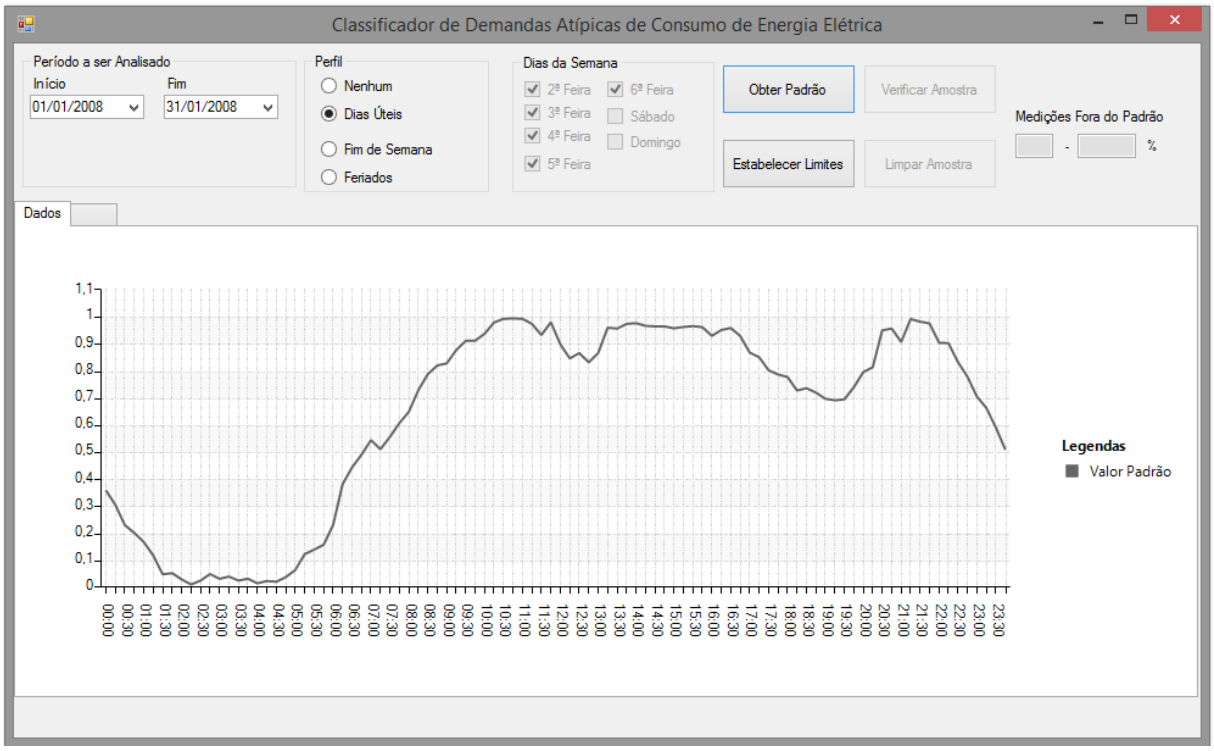


Figura 25: Padrão obtido no período de 01/01/2008 a 31/01/2008, considerando-se somente os dias úteis.

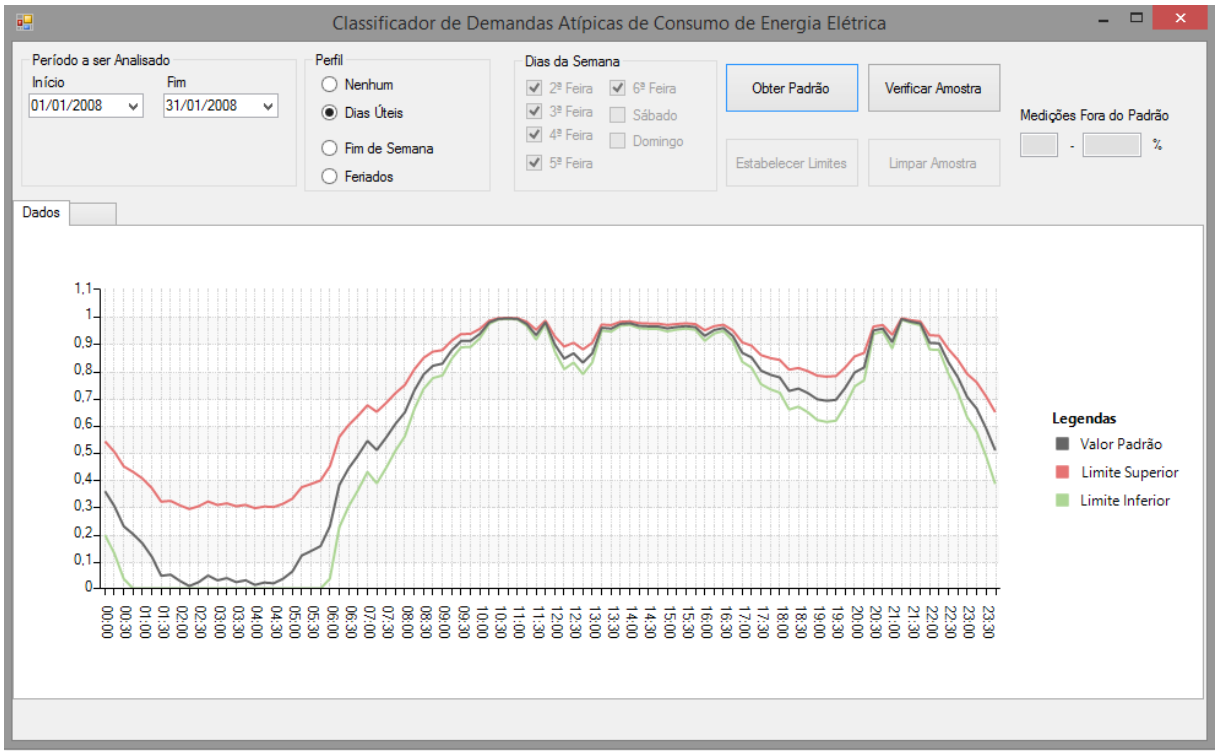


Figura 26: Curva Padrão e Limites (superior e inferior).

Uma vez estabelecida a faixa de tipicidade, é possível selecionar uma amostra, através da seleção de novo período, e compará-la com o padrão típico anteriormente obtido.

Para fins de demonstração, foi selecionado para comparação o perfil de “Fim de Semana”, que será considerada a amostra a ser comparada com o perfil “Dias Úteis” anteriormente obtido. Para essa comparação, após selecionado o período e perfil, deve ser pressionado o botão “Verificar Amostra”. O retorno gerado por essa operação é visto na Figura 27.

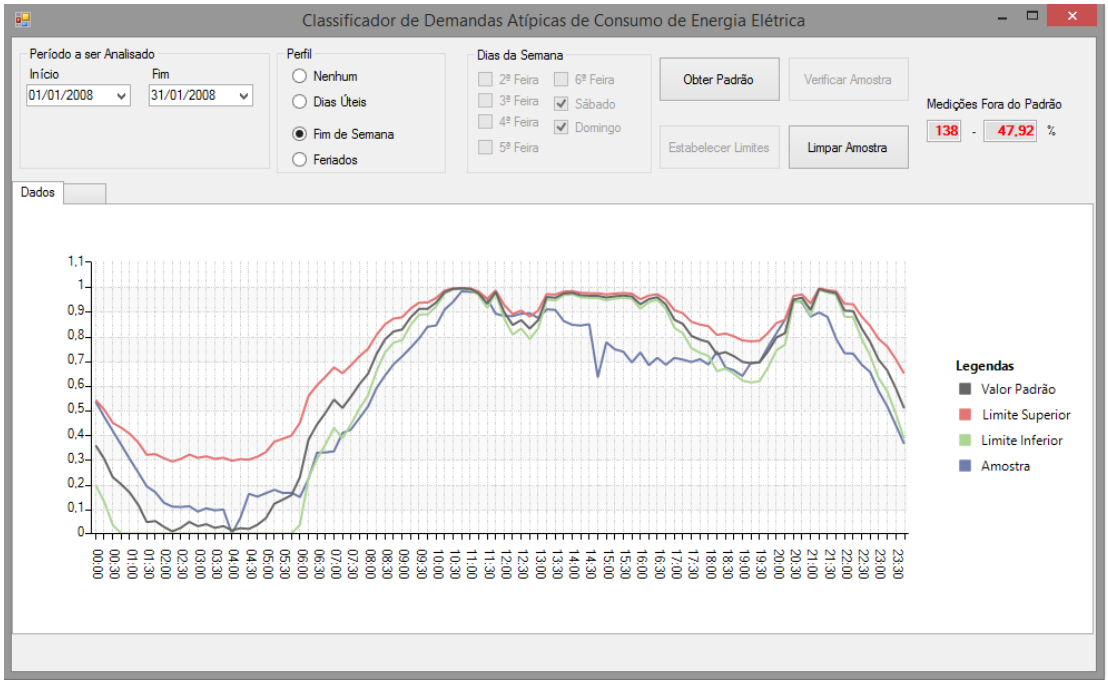


Figura 27: Comparação da amostra com o padrão de tipicidade obtido.

3.3. Modelo de caracterização de atipicidades em medidas de dados de distribuidoras de energia elétrica.

Para a construção da aplicação, normalização e tratamento dos dados conforme demonstrado foi utilizado o seguinte modelo:

1) Seleção do Período a ser Analisado;
2) Seleção do Perfil (dias específicos, dias úteis, fins de semana ou feriados);
3) Acionamento da função Obter Padrão, que faz a leitura no banco de dados de todos os registros que satisfazem as condições de seleção;

4) Leitura das matrizes contendo as medidas elétricas. Cada linha correspondendo a 288 medidas, correspondendo a medições feitas a cada 5 (cinco minutos durante o dia);
5) Normalização da matriz. Todos os valores serão normalizados dentro do intervalo dos números Reais [0,1];
6) A matriz é submetida ao módulo de aprendizagem, onde serão aprendidas por células neurais artificiais paraconsistentes de aprendizagem;
7) Plotagem do Gráfico com o Padrão obtido;
8) Através da variação do Fa (Fator de Aprendizagem) das células neurais artificiais paraconsistentes de aprendizagem, obter os limites superior e inferior da curva, para a caracterização da tipicidade do padrão;
9) Plotagem dos limites superior e inferior;
10) Seleção de Período e Perfil da amostra a ser comparada;
11) Normalização da amostra;
12) Plotagem do Gráfico da amostra;
13) Contagem e exibição dos pontos que estão fora do padrão (acima ou abaixo dos limites estabelecidos).

3.4. Geração de Gráficos para Identificação e Comparação de Padrões

A seguir, utilizando a aplicação desenvolvida, foram gerados vários gráficos, que permitiram visualizar e comparar padrões de perfis de dias, bem como de períodos diferentes, possibilitando o estudo e identificação de vários padrões.

3.4.1. Período de 01/01/2008 a 31/01/08 – Caracterização do Perfil dos Dias úteis

Primeiramente foi selecionado o período de 01/01/2008 a 31/01/2008, considerando apenas os dias úteis, conforme Figura 28.

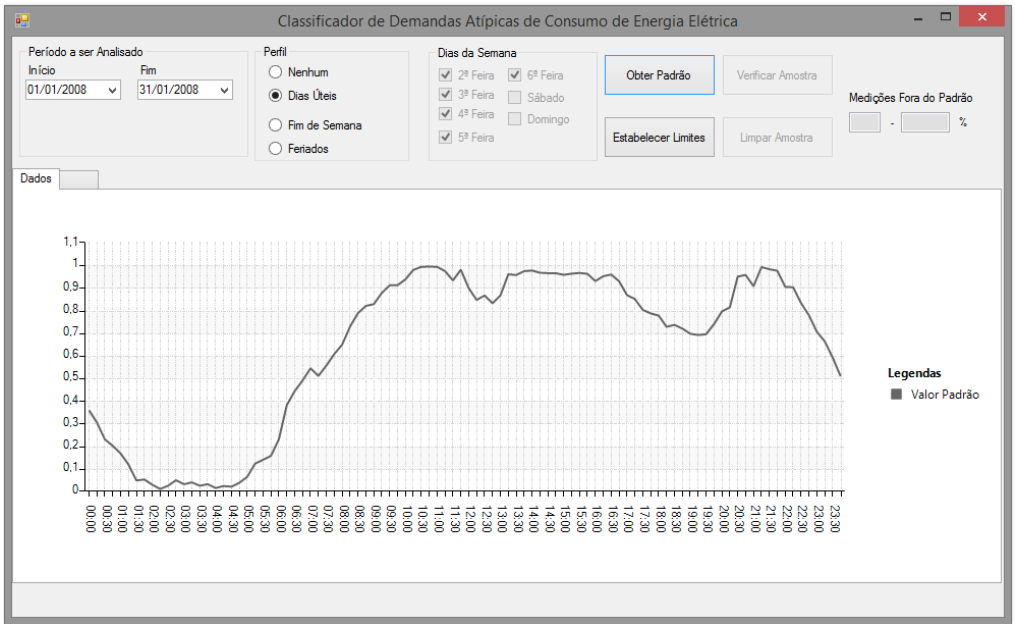


Figura 28: 01/01/2008 a 31/01/2008 - Perfil Típico do Período.

Após, submetendo a matriz com os valores padrão e variando o Fator de Aprendizagem, foram estabelecidos os limites superior e inferior, caracterizando a faixa considerada típica para este padrão (Figura 29).

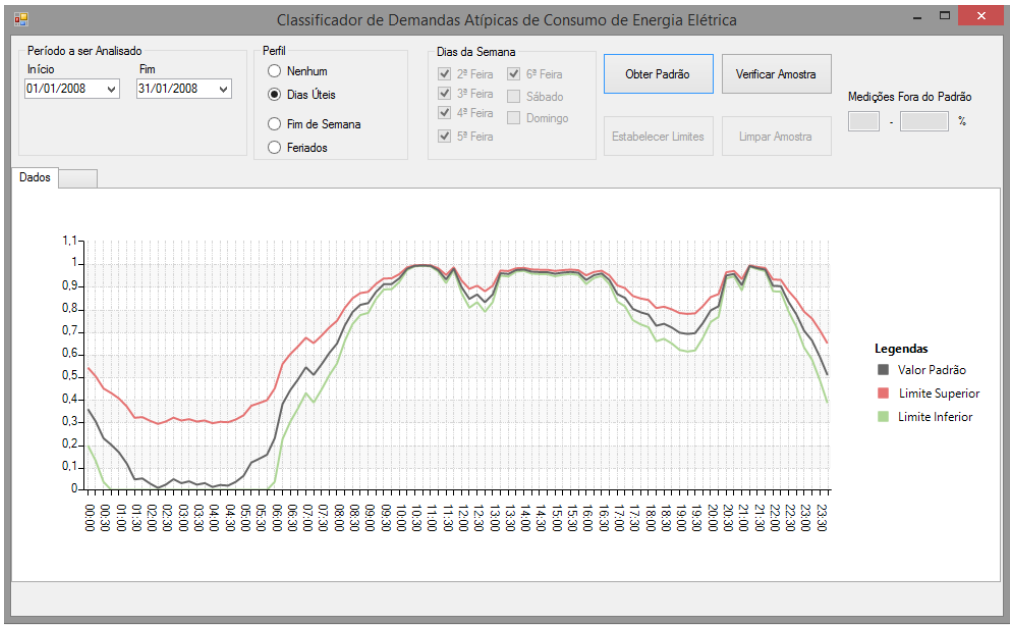


Figura 29: 01/01/2008 a 31/01/2008 - Determinação dos Limites (superior e inferior).

3.4.2. Período de 01/01/2008 a 31/01/08 – Comparação do Perfil com amostras

A Figura 30 demonstra a comparação do perfil obtido com a amostra onde foi considerado o mesmo período, porém, levando em conta somente os dados dos dias: sábados e domingos (fins de semana).

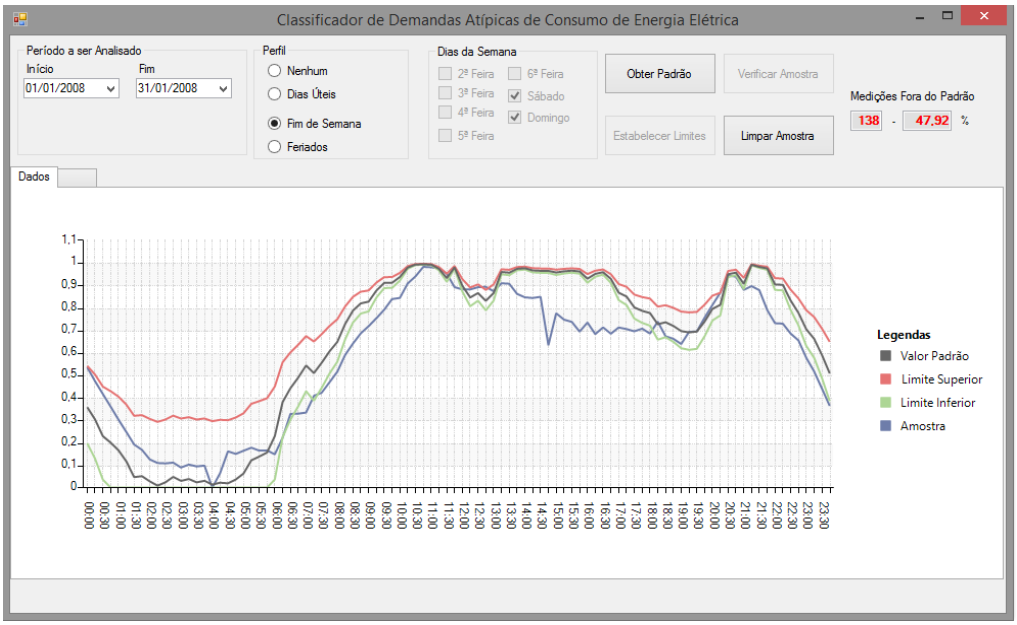


Figura 30: 01/01/2008 a 31/01/2008 - Comparação da amostra (fins de semana) com o padrão de tipicidade (dias úteis)

A seguir, foi comparado o perfil obtido com uma amostra onde foi considerado o mesmo período, utilizando-se somente dias considerados feriados (Figura 31).

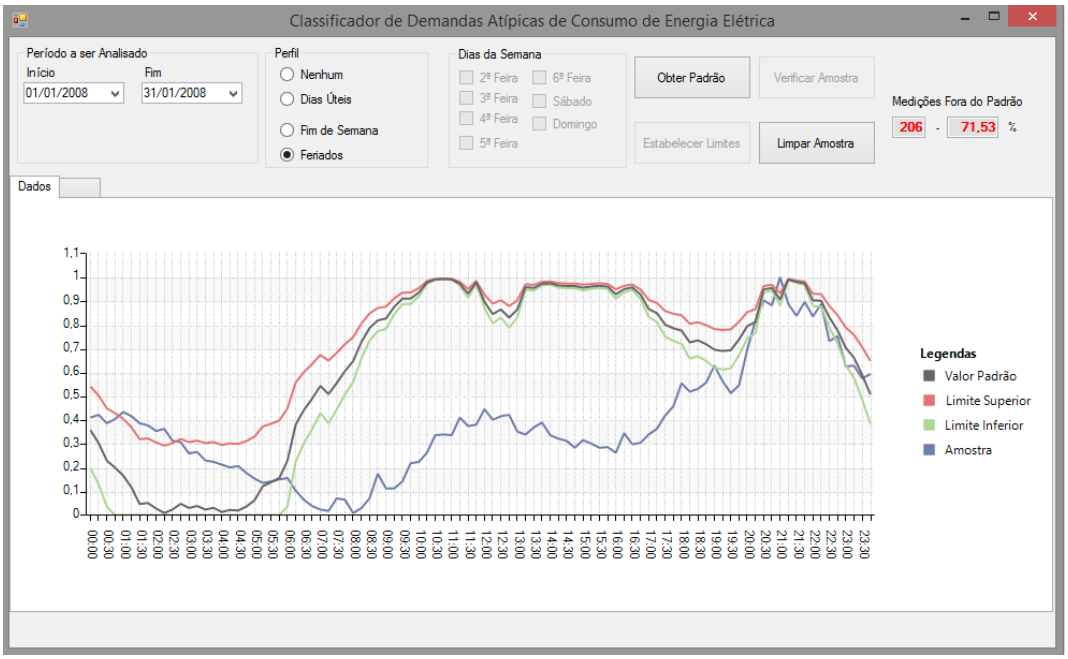


Figura 31: 01/01/2008 a 31/01/2008 - Comparação da amostra (feriados) com o padrão de tipicidade (dias úteis).

O gráfico exibido pela Figura 32 compara o perfil (todos os dias úteis) do período, com uma amostra que considera apenas dois dias (quartas e quintas-feiras).

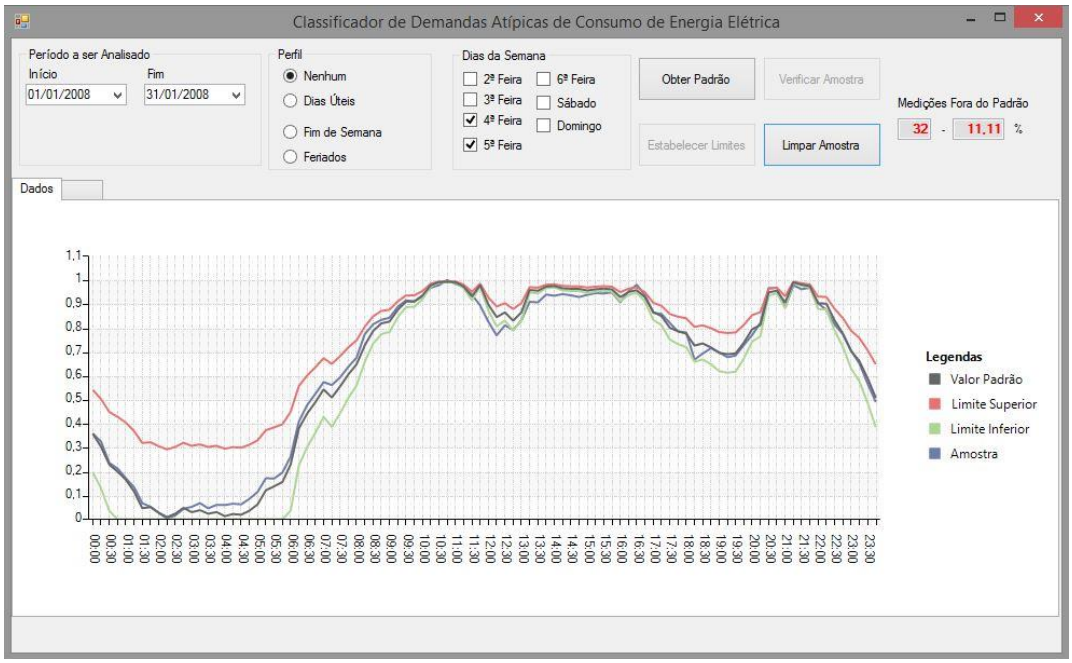


Figura 32: 01/01/2008 a 31/01/2008 - Comparação da amostra (dias úteis – 4ª e 5ª feiras) com o padrão de tipicidade (dias úteis)

Neste mesmo período, foi identificado que o dia 16/01/2008 houve um consumo atípico em relação ao perfil dos dias úteis, conforme demonstra a Figura 33.

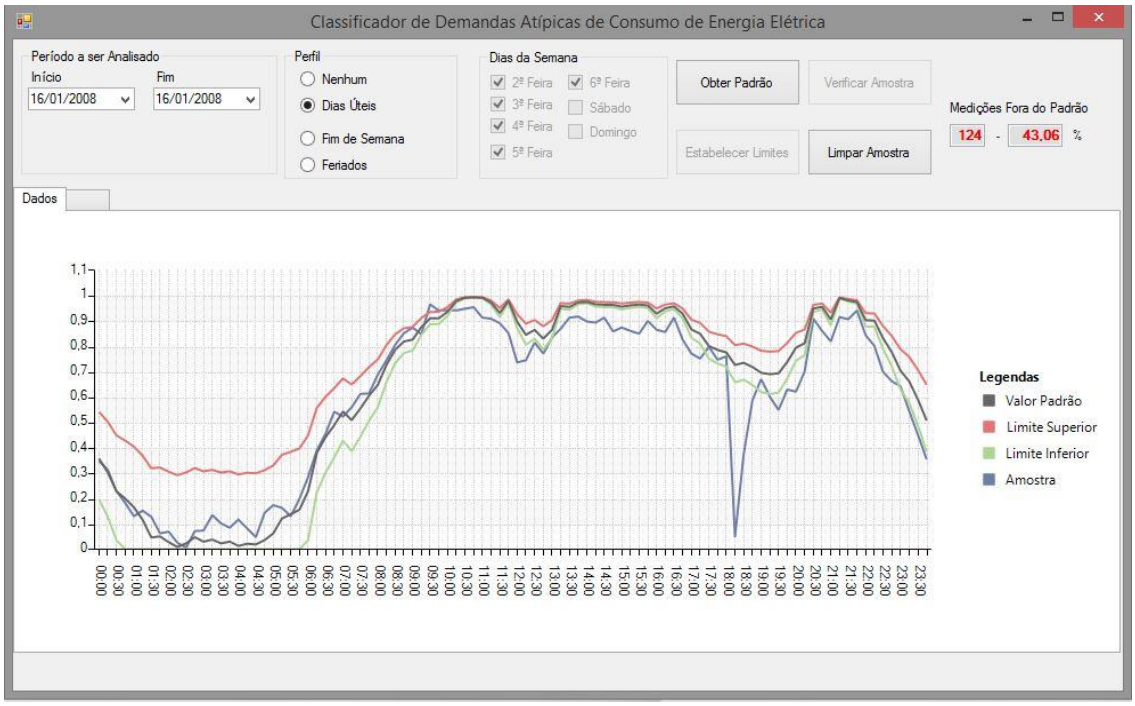


Figura 33: 01/01/2008 a 31/01/2008 - Identificação de dia Atípico

Comparou-se também, conforme Figura 34 o mesmo perfil de dias úteis obtidos no mês de janeiro com a amostra de dias úteis do mês de fevereiro/2008, obtendo-se resultados muito próximos.

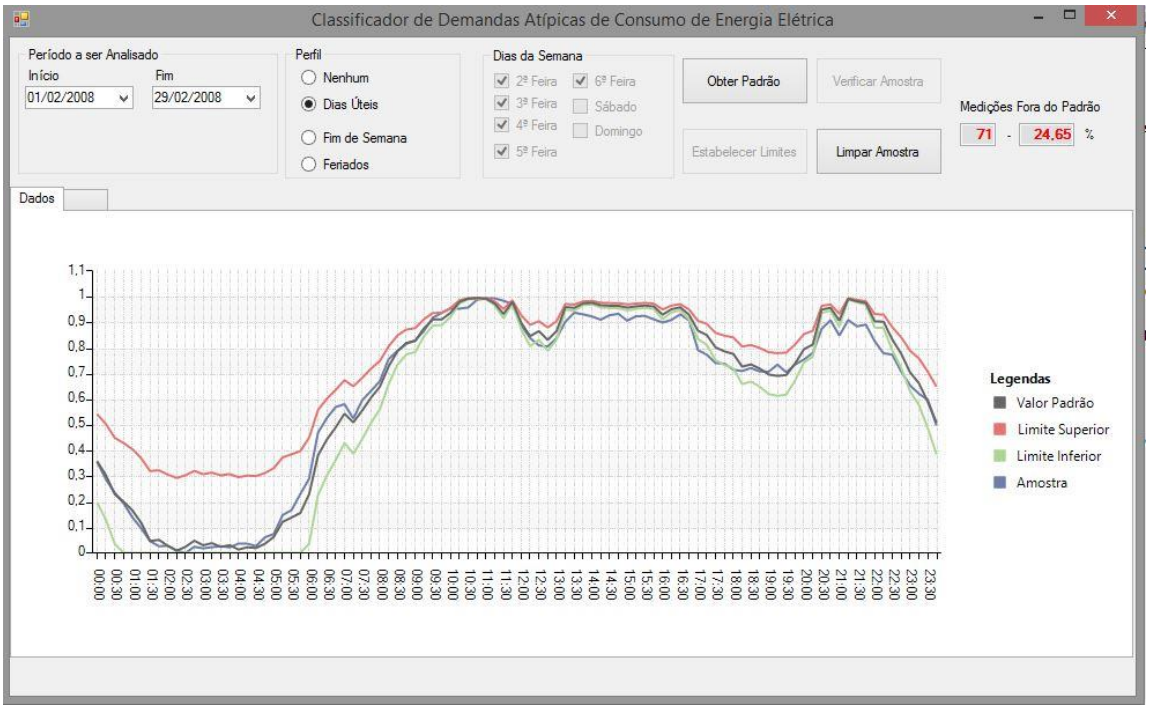


Figura 34: 01/01/2008 a 31/01/2008 - Comparação do padrão de dias úteis dos meses de janeiro e fevereiro/2008.

Para verificar se a curva do perfil de dias úteis era constante, foi feita a comparação do perfil obtido do mês de janeiro com uma amostra, também dos dias úteis, porém do 1º quadrimestre (01/01/2008 a 30/04/2008), exibido através do gráfico da Figura 35.

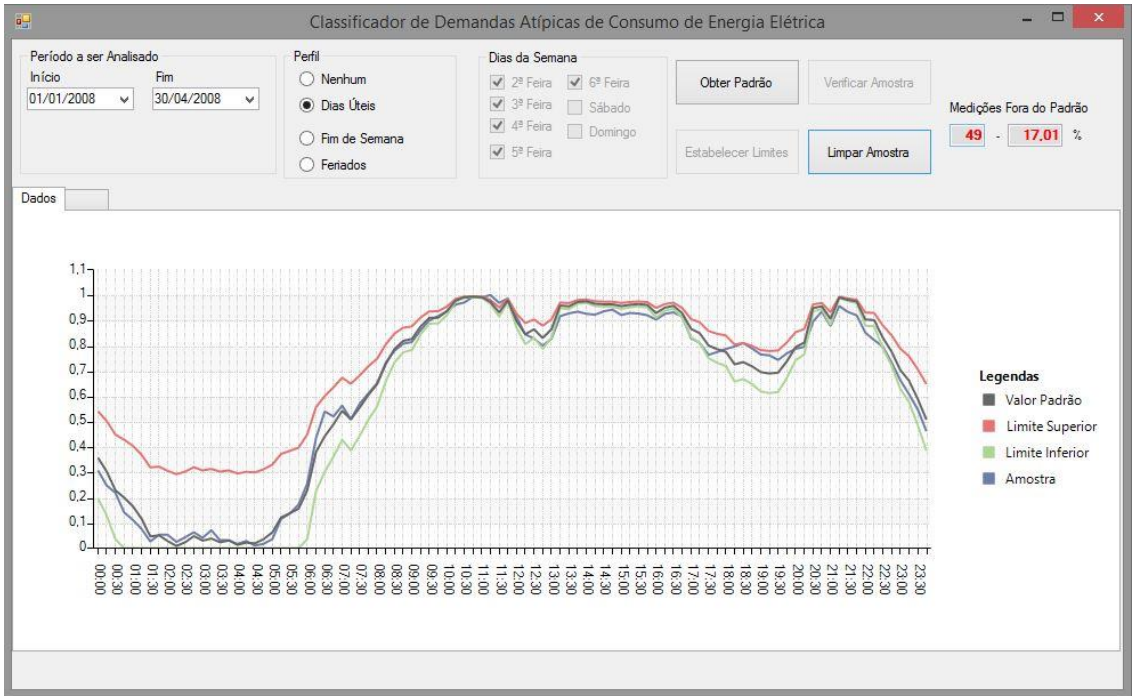


Figura 35: 01/01/2008 a 31/01/2008 - Comparação do padrão do período com a amostra do 1º quadrimestre

A seguir foram comparados os padrões de fins de semana e feriados nos meses de janeiro (Figura 36) e abril (Figura 37).

Figura 36: 01/01/2008 a 31/01/2008 - Comparação do padrão do de fins de semana e feriados

Figura 37: 01/04/2008 a 30/04/2008 - Comparação do padrão do de fins de semana e feriados

Conforme demonstrado nos gráficos gerados é possível identificar padrões de perfis de carga, variando-se o período, a característica do dia (útil, fim de semana ou feriado), possibilitando uma análise e interpretação desses dados, transformando-os em informação útil para identificação de padrões típicos e atípicos de consumo de energia elétrica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Utilizando-se os algoritmos da Lógica Paraconsistente Anotada (LPA), que nos permite tratar os dados contraditórios, onde num sistema que utiliza lógica clássica ficaria inviável de implementar pois trabalha unicamente com dois estados, nos foi possível criar uma aplicação que possibilita analisar os dados, aprender e determinar um padrão típico e a partir daí, comparar com amostras visando determinar se são consideradas típicas ou não.

Com a aplicação, estrutura e dados convertidos e exportados será possível dentro do período armazenado pesquisar e gerar quaisquer informações e gráficos que reflitam o consumo determinado.

Com a periodicidade das medições em 5 (cinco) minutos, é possível gerar uma curva bem precisa do perfil de determinado dia, e utilizando-se os algoritmos da Lógica Paraconsistente Anotada, gerar perfis agrupando os dias com as mesmas características em um determinado período, gerando uma curva que será considerada a curva padrão ou típica do perfil de dia e período selecionado, conforme exibido na Figura 28.

Após o estabelecimento dos limites superior e inferior, através da variação do Fator de Aprendizagem nas Células Neurais Paraconsistentes de Aprendizagem, conforme gráfico demonstrado na Figura 29, é possível comparar o padrão com várias amostras que poderão levar em conta outros períodos ou tipos de dias.

Na Figura 30, foi selecionado como amostra o mesmo período, alterando-se o tipo de dia para fins de semana. Observa-se que a amostra possui vários períodos do dia valores que estão fora da faixa considerada típica para um dia útil, tanto no período da manhã, quanto da tarde e noite.

Para o auxílio na caracterização da atipicidade é computado também a quantidade de medições que ultrapassam o limite superior ou inferior, sendo esse número um fator importante para caracterizar essa amostra específica.

Tomando como base o exemplo demonstrado foi verificado o seguinte:

a) Número de pontos medidos em um dia: 288 (intervalos de 5 min)
b) Medições fora do padrão típico encontradas: 138

Percentual de medições fora do intervalo padrão: $\frac{\mathbf{138}}{\mathbf{288}} \cong \mathbf{48}\%$

Portanto, pode ser estabelecido pela distribuidora um percentual de medições fora do padrão, para que a amostra possa ser considerada típica ou não. Revelando essa técnica um meio de caracterizar com segurança um determinado dia ou período.

Pode-se obter, por exemplo, informações como: a característica de um determinado dia da semana, dos dias úteis, dos fins de semana, de feriados ou de quaisquer dias isolados.

Com essa flexibilidade fornecida pelo modelo e aplicação será possível gerar e caracterizar dias típicos de consumo, pois temos a possibilidade de num determinado instante verificar as medições e o grau de evidência daquele momento, comparando-o com outros períodos de tempo.

A Figura 31 demonstra a comparação perfil dos dias úteis do período com dias considerados feriados. É observado que a curva da amostra diverge muito do padrão, pois cerca de 71,53% das medições estão fora do padrão normal de consumo de um dia útil do período. Neste caso, é importante a influência do tipo do feriado, pois normalmente dias considerados feriados possuem características semelhantes a fins de semana, onde conforme demonstrado na Figura 30, a divergência não é tão grande. Nesse período analisado, o único feriado é o dia 01/01/2008, dia de Ano Novo, um dia totalmente atípico em termos de consumo devido à sua característica festiva.

As Figuras 36 e 37, demonstram a comparação de perfis de fins de semana nos meses de janeiro/2008 e abril/2008. Observa-se que, diferentemente do mês de janeiro onde temos um dia festivo, no mês de abril, a curva do feriado é muito próxima ao perfil de fins de semana.

Foi observado também que determinado padrão identificado mantém-se constante, pois a partir do padrão obtido no período de 01/01/2008 a 31/01/2008, levando-se em conta os dias úteis (Figura 29) foram feitas várias comparações tais como as demonstradas na Figuras 32, onde foi feita a comparação somente com quartas e quintas-feiras, na Figura 34, onde o padrão foi comparado com o mês de fevereiro/2008 e Figura 35 onde foi feita a comparação com o primeiro quadrimestre/2008. Nestes casos pode ser notada uma diferença na amplitude, porém o padrão de curva é muito próximo.

O gráfico demonstrado pela Figura 33 permite a identificação de um dia atípico ocorrido durante o período analisado. É possível perceber que neste dia, o consumo desceu para valores abaixo dos considerados típicos a partir das 09:45h e se manteve constante abaixo deste valor até próximo das 18:30h onde houve uma queda

repentina no consumo, voltando cerca de uma hora após ao nível padrão e mantendo-se estável em valores abaixo e próximos do padrão para o período.

Conforme foi demonstrado, foram geradas amostras considerando diferentes períodos e o perfil caracterizado das amostras, representadas pelas curvas é aproximadamente o mesmo. Como as medições foram normalizadas, não indicam que seja o mesmo consumo, mas que tem o mesmo perfil durante o decorrer do dia.

Essa tendência se repete quando análises são feitas utilizando-se outros perfis de dias e períodos diferentes, representando uma caracterização do que é um dia típico de consumo. Qualquer amostra de dia que esteja fora desse perfil caracterizado poderá ser considerado um dia atípico.

Essa caracterização de dias atípicos em determinados períodos poderão ser utilizados como importante dado de entrada em algoritmos previsores de consumo, pois esse procedimento pode-se determinar um padrão de comportamento, para que possam ser melhor estudados, e com o auxílio da Lógica Paraconsistente Anotada com dois Valores, gerar algoritmos que permitam classificar, dentro de parâmetros pré-estabelecidos e informados, se determinado dia ou período está dentro ou não dos padrões de tipicidade.

5. CONCLUSÕES

A análise de uma grande quantidade de dados é difícil ou até mesmo inviável sem o apoio de ferramentas adequadas, portanto é importante o desenvolvimento de ferramentas inteligentes que visem interpretar e tratar os conhecimentos relevantes armazenados. Neste trabalho foi visto que através do tratamento adequado dos dados e com a utilização de algoritmos baseados em Lógica Paraconsistente Anotada com dois Valores – LPA2v, pode-se tratar extrair informações úteis de grandes massas de dados, mesmo que esta massa pode possuir, dependendo de vários fatores, informações incompletas ou inconsistentes.

A normalização da base de dados e também de um modelo de aplicação orientado a objeto permitiu uma flexibilidade de novas implementações e estudos ligados à utilização da Lógica Paraconsistente Anotada com dois Valores – LPA2v dedicado ao tratamento dos dados em Sistemas de Transmissão de Energia Elétrica. Esta técnica que utiliza a LPA2v na área de transmissão de Energia Elétrica vem a ser um eficiente e promissor método de trabalho, pois possibilita serem identificados elementos relevantes relacionados a redes de energia. É possível, a partir desses dados, serem construídos outros sistemas os quais, agregando outras técnicas, principalmente as de Inteligência Artificial, utilizá-los para previsões de demandas, riscos de faltas ou de contingências em Sistemas de Transmissão de Energia Elétrica, minimizando o risco e programando manutenções em períodos que não causem danos aos consumidores. O resultado da pesquisa na forma de um Analisador Paraconsistente de Atipicidades constitui uma importante ferramenta de apoio a equipe de Operação do Sistema de Energia Elétrica. A ação do Analisador Paraconsistente de Atipicidades é a apresentação gráfica dos valores contribuindo para a identificação e caracterização de dias atípicos. Os gráficos e os valores de graus de evidência resultantes proporcionam à Operação o conhecimento do perfil da demanda em um sistema de distribuição, oferecendo ao gerenciamento informações necessárias e importantes para a tomada de decisões.

Como trabalho futuro o Analisador Paraconsistente de Atipicidades poderá ser agregado a um modulo de previsão para aprimorar ações de tomadas de decisão do gerenciamento de sistemas de energia elétrica.

REFERÊNCIAS

ABE, J. M., "**Fundamentos da Lógica Anotada**". 1992. 135p. – Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo – FFLCH, São Paulo/SP.

ALMEIDA, P. C., "**Esquemas de Proteção de Sistemas de Energia Elétrica**", - 2002. 204p. Dissertação (Mestrado) – Pontíficia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Energia Elétrica – Rio de Janeiro / RJ.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, "**Atlas de Energia Elétrica do Brasil"** – 3ª. Edição – 2008, disponível em http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, "**Informações Gerenciais – Dezembro/2014"** – 2014, disponível em http:// http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Z_IG_Dez_2014_v3.pdf

ARAUJO, A.C.M.; SIQUEIRA, C.A., "**Considerações sobre as Perdas na Distribuição de Energia Elétrica no Brasil**" – 2006 , Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica. Anais XVII SENDI, Belo Horizonte, MG.

BARROS, M. **"Processos Estocásticos**", Editora Publ!t, 2003, Disponível em <http://www.mbarros.com/documentos/upload/Livro_Processos_Cap_5_parte.pdf > Acesso em 15 Fev 2015 08:34.

DA SILVA FILHO, J. I., "**Implementação De Circuitos Lógicos Fundamentados Em Uma Classe De Lógicas Paraconsistentes Anotadas"**. 1997. 131p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Eletrônica. Disponível em: <http://www.paralogike.com.br/Dissertacao%20de%20Mestrado%20LPA.pdf>. Acesso em 20 nov. 2013. 23:10.

DA SILVA FILHO, J. I., "**Métodos De Aplicações Da Lógica Paraconsistente Anotada De Anotação Com Dois Valores-Lpa2v Com Construção De Algoritmo E Implementação De Circuitos Eletrônicos**". 1999. 226p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais.
Disponível em:
< http://www.paralogike.com.br/Tese.pdf>. Acesso em 22 nov 2013. 21:15.

DA SILVA FILHO, J. I.; ABE, J. M., "**Introdução à lógica paraconsistente anotada com ilustrações"** Editora Emmy, 1ª. Ed., Santos, 2000, pp. 25,54,147-150.

DA SILVA FILHO, J. I., **"Introdução às Células Neurais Artificiais Paraconsistentes"**, Artigo técnico, Revista Seleção Documental N. 8 Ano 2, ISSN 1809-0648 Ed. Paralogike – Santos - SP, 2007, pp. 5-13.

DA SILVA FILHO, J. I., **"Métodos de Aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada de anotação com dois valores-LPA2v"**, Artigo técnico, Revista Seleção Documental, ISSN 1809-0648 Ed. Paralogike – Santos - SP, 2009, pp. 18-25.

DA SILVA FILHO, J., I. SCALZITTI, A.. "**Análises de Sinais de Informações em Lógica Paraconsistente Anotada"**, Artigo Técnico, Revista Seleção Documental, N.14 Ano 4 ISSN 1809-0648, - Ed. Paralogike - Santos – SP - Brasil, 2009 pp 22-26.

DA SILVA FILHO, J., I. "**Algoritmo Paraconsistente Extrator de Efeitos da Contradição – ParaExtr $_{ctr}$"**., Artigo Técnico, Revista Seleção Documental, N.15 Ano 4 ISSN 1809-0648, - Ed. Paralogike - Santos – SP-Brasil, 2009 pp 21-24.

DA SILVA FILHO, J., I., OLIVEIRA, D. B., DE AGUIAR, A.L.L., FERRARA, L.F., GARCIA, D.V., MÁRIO, M.C. "**Algoritmos Fundamentados em Lógica Paraconsistente Anotada aplicadas em Análise de Variáveis Físicas de um Processo Industrial"**., Artigo Técnico, Revista Seleção Documental, N.27 Ano 7 ISSN 1809-0648 - Ed. Paralogike - Santos – SP-Brasil, 2012 pp 18-23.

DA SILVA FILHO, J.I., "**Métodos Algorítmicos de Monitoramento e Análise de Sistemas Ecológicos**", Apostila do Curso de Mestrado em Ecologia, Universidade Santa Cecília - Sant–s/SP – 2013.

FERRARA L.F., CAMARGO, J.M., ROCCO A., DA SILVA FILHO, J.I., ONUKI, A.S., SANTOS, M.R., LAMBERT-TORRES, G., "**Para-Previsor LPA2v: Um Sistema Computacional Previsor de Perfil de Cargas em Sistemas Elétricos de Potência construído com os fundamentos da Lógica Paraconsistente Anotada**", Artigo Técnico, Revista Seleção Documental, n. 21 – Ano 6 ISSN 1809-0648 – Ed. Paralogike – Santos – SP – Brasil, 2011 pp 11-17.

FERREIRA, A.M.S; CAVALCANTE, C.A.M.T.; FONTES, C.H.O.; MARAMBIO, J.E.S., "**Um Novo Método de Tipificação da Demanda Horária de Energia Elétrica**", Artigo Técnico, XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP 2011 – Belo Horizonte / MG.

LEMES NETO, M.C., VENSON, N., "**Lógica Paraconsistente**", Artigo Técnico – Departamento de Informática e Estatística - UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina/2002.Disponível em: <http://educaonline.eng.br/UNISANTA/HTML/DOWNLOAD/LIVRO/LPA/LP_Nerio_Mauricio.pdf > Acesso em: 15 Jan 2015.

MARIO, M.C. "**Proposta de Aplicação de Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes como Classificador de Sinais utilizando a Aproximação Funcional**", 2009. 84p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, UFU – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG.

RISSINO, S.D., "**Metodologia de avaliação da relevância de atributos em grandes bases de dados incompletos utilizando Conjuntos Aproximados e Lógica Paraconsistente**" – 2009. 122p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Itajubá - Itajubá / MG.

RODRIGUES, L. C.; DA SILVA, P.P.C.; LINDEN, R., "**Séries Temporais no Consumo de Energia Elétrica no Estado do Rio de Janeiro**", 2008, Artigo Técnico, Faculdade Salesiana Maria Auxiliadora – FSMA – Macaé – RJ. Disponível em: <http://www.fsma.edu.br/visoes/ed02/Ed02_Artigo5_Luciene_Paula_Ricardo.pdf> - Acesso em: 13 out 2014. 21:54

SILVA, A. A., "**Casamento de Mapas Utilizando Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes**", 2011. 89p. Tese (Doutorado) – ITA – Instituto Tecnológico da Aeronáutica. Departamento de Engenharia Eletrônica e Computação, São José dos Campos /SP

SOUZA, V.S., "**Mineração de dados de Padrões Climáticos Sazonais usando a Lógica Paraconsistente**", Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada, INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos/SP, 2009, 105p. Disponível em: <http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/04.30.22.30/doc/publicacao.pdf> Acesso em 13 jan 2015

SUBRAHMANIAN, V.S., "**On the semantics of quantitative Lógic Programs**", Proc. 4th. IEEE Symposium on Logic Programming, Computer Society, press, Washington D.C., 1987.

Microsoft® SQL Server 2012 Service Pack 1 Express. Disponível em: <http://www.microsoft.com/pt-br/download/details.aspx?id=35579>. Acesso em 10 jan 2015 14:34.

Microsoft® SQL Server – Recursos compatíveis com as edições do SQL Server 2012. Disponível em: <https://technet.microsoft.com/pt-br/library/cc645993(v=sql.110).aspx>. Acesso em 10 jan 2015 16:27.