

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
ENGENHARIA ELÉTRICA

RENAN MOHANA MEDINA

**MAPAS COGNITIVOS *FUZZY* APLICADOS EM ENGENHARIA DE  
SEGURANÇA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO 2

CORNÉLIO PROCÓPIO  
2019

RENAN MOHANA MEDINA

**MAPAS COGNITIVOS *FUZZY* APLICADOS EM ENGENHARIA DE  
SEGURANÇA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Mendonça.

Co-orientador: Prof. Dr. Wagner Godoy.

CORNÉLIO PROCÓPIO  
2019



## FOLHA DE APROVAÇÃO

Renan Mohana Medina

### MAPAS COGNITIVOS FUZZY APLICADOS EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado às 09:00hs do dia 03/07/2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista no programa de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

Prof(a). Dr(a). Márcio Mendonça - Presidente (Orientador)

Prof(a). Dr(a). Wagner Fontes Godoy - (Coorientador)

Prof(a). Me(a). Marco Antonio Ferreira Finocchio - (Membro)

Prof(a). Dr(a). Wagner Endo - (Membro)

## RESUMO

MEDINA, Renan M. **Mapas Cognitivos *Fuzzy* Aplicado Em Engenharia de Segurança e Eficiência Energética**. 2019. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2019.

O trabalho desenvolvido relata diagnósticos em duas situações distintas, na segurança do trabalho e da eficiência energética em uma indústria, cuja com o auxílio de uma ferramenta computacional, utilizando uma derivação da teoria *Fuzzy*, o Mapa Cognitivo *Fuzzy*, possa identificar os setores com maiores chances de ocorrer um acidente de trabalho e os setores com menor baixa de eficiência energética. Deste modo, possíveis soluções serão apresentadas para que empresários e responsáveis da indústria sejam contemplados.

**Palavras-chaves:** Teoria *Fuzzy*, Mapas Cognitivos *Fuzzy*, Diagnósticos, Segurança do Trabalho e Eficiência Energética.

## ABSTRACT

MEDINA, Renan M. ***Fuzzy Cognitive Maps Applied in Safety Engineering and Energy Efficiency***. 2019. 49p. Completion of Courser Work (University Graduate) – Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2019.

This work reports diagnoses in two different situations, in the safety of work and energy efficiency in an industry, whose use of a computational tool, using a derivation of the Fuzzy theory, the Cognitive Fuzzy Map, can identify the sectors with the greatest odds of an accident at work and the sectors with lower energy efficiency. In this way, possible solutions will be presented for businessmen and industry leaders to be considered.

**Keywords:** *Fuzzy Theory, Fuzzy Cognitive Maps, Diagnostics, Work Safety and Energy Efficiency.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu pai Cesar e minha falecida mãe Najla, por terem me dado essa oportunidade de estudo e pelos esforços concebidos a mim. Agradeço ao meu orientador e amigo prof. Dr. Márcio Mendonça, que esteve me auxiliando e ensinando todas minhas dúvidas ao longo deste trabalho. E também ao meu co-orientador prof. Dr. Wagner Godoy, na qual sua história de carreira inspiram muitos alunos que estão indecisos.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Diferença Entre a Lógica Clássica e a Lógica <i>Fuzzy</i> ..... | 16 |
| Figura 2 – Mapa Mental Acidentes no Trabalho.....                          | 18 |
| Figura 3 – Mapa Cognitivo <i>Fuzzy</i> .....                               | 20 |
| Figura 4 – Mapa Cognitivo Tradicional.....                                 | 21 |
| Figura 5 – Mapa Cognitivo com Pesos.....                                   | 21 |
| Figura 6 – Mapa Cognitivo <i>Fuzzy</i> Exemplo.....                        | 21 |
| Figura 7 – Mapa Mental da Segurança do Trabalho .....                      | 37 |
| Figura 8 – Mapa Mental da Eficiência Energética .....                      | 38 |
| Figura 9 – FCM da Segurança do Trabalho .....                              | 39 |
| Figura 10 – Resultado do FCM Segurança do Trabalho (MATLAB®).....          | 41 |
| Figura 11 – Resultado do FCM Segurança do Trabalho (FCM EXPERT).....       | 41 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Aplicações <i>Fuzzy</i> .....                        | 14 |
| Tabela 2 – Pesquisa Relacionada à Ergonomia.....                | 32 |
| Tabela 3 – Pesquisa Relacionada à Saúde.....                    | 33 |
| Tabela 4 – Pesquisa Relacionada ao Meio Ambiente .....          | 34 |
| Tabela 5 – Pesquisa Relacionada à Experiência Profissional..... | 35 |
| Tabela 6 – Pesquisa Relacionada a EPI e EPC .....               | 36 |



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|               |  |
|---------------|--|
| <b>CM</b>     | <i>Cognitive Maps</i>                                |
| <b>CFCM</b>   | <i>Contextual Fuzzy Cognitive Maps</i>               |
| <b>CFFCM</b>  | <i>Certainy Neuron Fuzzy Cognitive Maps</i>          |
| <b>DSST</b>   | Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho        |
| <b>FCM</b>    | <i>Fuzzy Cognitive Maps</i>                          |
| <b>INSS</b>   | Instituto Nacional do Seguro Social                  |
| <b>PROCEL</b> | Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica |
| <b>OIT</b>    | Organização Internacional do Trabalho                |

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....                        | 10 |
| 1.1 Problema .....                               | 11 |
| 1.2 Justificativa .....                          | 11 |
| <b>2 METODOLOGIA</b> .....                       | 12 |
| <b>2.1 Proposta do TCC</b> .....                 | 13 |
| 2.1.1 Objetivo Geral .....                       | 13 |
| 2.1.2 Objetivos Específicos .....                | 13 |
| <b>2.2 Metodologia de Pesquisa</b> .....         | 13 |
| 2.2.1 Teoria <i>Fuzzy</i> .....                  | 13 |
| 2.2.1.1 Sistema <i>Fuzzy</i> .....               | 14 |
| 2.2.1.2 Conjunto <i>Fuzzy</i> .....              | 15 |
| 2.2.1.3 Lógica <i>Fuzzy</i> .....                | 15 |
| 2.2.1.4 Mapas Mentais .....                      | 17 |
| 2.2.1.5 Mapas Cognitivos <i>Fuzzy</i> .....      | 19 |
| 2.2.1.6 Revisão da Literatura .....              | 23 |
| 2.2.2 Métodos Estudados.....                     | 24 |
| 2.2.2.1 Segurança e Acidentes de Trabalho .....  | 24 |
| 2.2.2.2 Eficiência Energética.....               | 27 |
| 2.2.3 Conceitos Relevantes.....                  | 28 |
| 2.2.4 Empresa Entrevistada .....                 | 29 |
| <b>3 RESULTADOS ESPERADOS</b> .....              | 30 |
| <b>4 IMPLEMENTAÇÃO E ENSAIOS</b> .....           | 30 |
| <b>4.1 Pesquisa Realizada</b> .....              | 30 |
| <b>4.2 Elaboração dos Mapas Mentais</b> .....    | 36 |
| 4.2.1 Mapa Mental da Segurança do Trabalho ..... | 37 |
| 4.2.2 Mapa Mental da Eficiência Energética ..... | 37 |
| <b>4.3 Gerando os FCM</b> .....                  | 38 |
| <b>4.4 Realização do <i>Script</i></b> .....     | 39 |
| <b>5 RESULTADOS OBTIDOS</b> .....                | 40 |
| <b>6 VALIDAÇÃO E CONCLUSÃO</b> .....             | 42 |
| <b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....        | 43 |
| <b>ANEXO I</b> .....                             | 47 |

# 1 INTRODUÇÃO

Devido ao desenvolvimento das indústrias no país há um índice crescente de acidentes no trabalho. De acordo com os dados do Ministério Público do Trabalho foram 675.025 comunicações por acidentes de trabalho e 2.351 mortes notificadas desde janeiro de 2017 até março de 2018 (OBSERVATÓRIO DIGITAL DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO, 2018).

Em uma indústria um acidente de trabalho pode significar uma perda considerável na linha de produção, devido às conseqüências previdenciárias e trabalhistas suportadas pelo empregador, além de um prejuízo monetário pela falta de total aproveitamento da eficiência energética, já que a indústria deixará um setor ocioso e sem total aproveitamento, assim gerando os mesmos gastos com fontes de energias e diminuindo sua eficiência.

Investir em segurança aumenta o grau de conscientização dos empregados, melhorando o relacionamento entre eles e também aperfeiçoando suas atividades a serem executadas, garantindo menores riscos à saúde e gerando maior eficiência no trabalho (ZOCCHIO, 2002).

Diante ao crescente números de acidentes, é importante a necessidade de treinamento nas áreas de segurança e saúde no trabalho para os recém-admitidos nas indústrias.

A prática do treinamento admissional é solicitada através de requisitos legais, Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), na qual cita o dever do empregador em fornecer aos empregados treinamento adequado visando garantir a execução de suas atividades com segurança.

O presente trabalho tem objetivo diagnosticar, por meio dos Mapas Cognitivos *Fuzzy*, o nível de qualificação para a engenharia de segurança e eficiência energética. A fim de localizar os pontos críticos de uma indústria para que possa ser tomada uma decisão satisfatória.

## **1.1 Problema**

Atualmente em uma indústria os principais problemas presenciados são os riscos de acidentes, a queda da produção e a baixa eficiência energética, três motivos significativos que podem ocorrer devido a um acidente de trabalho. Para um empresário ter um funcionário lesionado significa que sua produção será gradativamente menor do que a normal e assim concomitantemente sua eficiência energética será menor, fazendo com que os gastos sejam os mesmos ou até maiores devido aos fatores burocráticos gerados pela previdência social e por alguns órgãos responsáveis pelos acidentes de trabalho, como o Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho (DSST).

## **1.2 Justificativa**

A segurança do trabalho é um tema trabalhado e disseminado há várias décadas na sociedade. Independente do tipo da organização, este assunto é destaque na rotina de qualquer empresa no mundo, visto que a responsabilidade social e a saúde dos funcionários é um assunto muito discutido afim de sempre ter melhorias significativas.

O Brasil tem um destaque na qual é fato o que concerne à incidência de números de acidentados no trabalho. Segundo as estatísticas da OIT (ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO, 2016), o Brasil está entre os países que mais registram acidentes de trabalho no mundo, o que coloca o mesmo em uma situação desagradável, situação que seria pior caso todos acidentes ocorridos fossem notificados e registrados.

Ainda segundo os dados da Organização Internacional do Trabalho - OIT, o país ocupava em 1999, a 15ª posição no ranking de acidentes trabalhistas no mundo. Já de acordo com a Previdência Social nos períodos entre 1996 a 2000, foram cerca de 2.000.000 de registros acidentais. Um total de aproximadamente R\$ 20 bilhões gastos por ano com os acidentados, segundo o professor José Pastore, especialista em relações de trabalho.

Além de abordar a segurança do trabalho por meio de diagnóstico, essa pesquisa também aborda a eficiência energética. Nesse contexto, deve-

se observar que no Brasil não existe uma política governamental de longo prazo específica para o uso eficiente da energia na indústria, isso reflete em baixa prioridade nos programas federais, nos investimentos de fundos setoriais e nas condições de financiamento de eficiência energética. O setor industrial brasileiro corresponde a cerca de 40,7% de toda energia consumida em todo país (BEN, 2008).

As empresas que fazem investimentos em eficiência energética, acabam economizando recursos, amenizam a pressão sobre o aumento da oferta de energia e ganham competitividade. Com um projeto de eficiência energética, uma indústria consegue economizar um alto valor monetário nas seguintes áreas:

- Sistemas elétricos;
- Motores elétricos;
- Transformadores;
- Sistemas de iluminação;
- Ar-condicionado e ventilação;
- Elevadores ou esteiras rolantes;
- Fatores de potência;
- Entre outros.

Como a tecnologia está sendo aperfeiçoada constantemente e sendo usada em vários ramos mundiais, afim de melhorias, outra motivação é com o auxílio desta tecnologia, conseguir diagnosticar com uma ferramenta computacional, a identificação de problemas relacionados à segurança do trabalho e eficiência energética a fim melhorias futuras.

## **2 METODOLOGIA**

Neste capítulo serão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos seguido pela metodologia de pesquisa e cronograma para o desenvolvimento do trabalho.

Serão utilizados os softwares *FCM EXPERT* e o *MATLAB®* a fim de diagnosticar as áreas que envolvem segurança de trabalho e eficiência

energética, para que possa ser detectado os setores que podem ocorrer problemas futuros.

## **2.1 Proposta do TCC**

### **2.1.1 Objetivo geral**

Desenvolver diagnósticos para quantificar o nível de segurança e eficiência energética em uma indústria utilizando a teoria de mapas cognitivos *Fuzzy*, Posto isso, é possível prever tomadas de decisões em diferentes cenários, favoráveis ou não, para que possam ser detectadas as áreas ou setores com essa adversidade, facilitando a tomada de providências ou ações dos gestores empresariais.

### **2.1.2 Objetivos específicos**

- Realizar o estudo acerca da segurança do trabalho em uma indústria;
- Estudar sobre eficiência energética no ambiente industrial;
- Estudar a teoria *Fuzzy* e sua divisão Mapas Cognitivos *Fuzzy*;
- Implementar no software *FCM EXPERT* e *MATLAB®* os métodos estudados;
- Comparar por meio de experimentos simulados para se verificar os pontos que podem ser melhorados em uma indústria.

## **2.2 Metodologia de Pesquisa**

### **2.2.1 Teoria *Fuzzy***

Nesta subseção serão tratadas algumas definições sobre *Fuzzy* e Mapas Cognitivos *Fuzzy*, necessárias para o desenvolvimento e compreensão em estudo nesse trabalho.

### 2.2.1.1 Sistema *Fuzzy*

Os sistemas *Fuzzy* demonstram sua capacidade de resolver diversos tipos de problemas em várias aplicações de engenharia. Tem se verificado um utilização crescente de sistemas *Fuzzy* em vários campos, como na classificação, previsão de séries, planejamento e otimização, cuja capacidade de aprendizado tem ampliado o campo de aplicações (TANSCHKEIT, 2008). Na Tabela 1 verifica-se várias áreas de aplicações distintas da lógica *Fuzzy*.

**Tabela 1: Aplicações *Fuzzy*.**

| Produto                            | Empresa                          | Função  |
|------------------------------------|----------------------------------|---|
| Freios anti-trava                  | Nissan                           | Controla o freio em situações perigosas, baseado na velocidade do carro.  |
| Transmissão automática             | Honda, Nissan, Subaru            | Seleciona a relação de engrenagens de transmissão, baseado na carga do motor, estilo do motorista e condições da estrada. |
| Secadora                           | Matsushita                       | Ajuda a estratégia e tempo de secagem, baseado no tamanho da carga e tipo de tecido.                                      |
| Sistema de Gerenciamento de Saúde. | Omron                            | Avalia e acompanha a saúde e disposição de empregados de uma empresa.   |
| Palmtop Computer                   | Sony                             | Reconhece caracteres "Kanji" escritos à mão.  |
| Televisão                          | Goldstar, Hitachi, Samsung, Sony | Ajusta a cor e textura da tela, e estabiliza o volume pela localização do espectador.                                     |
| Sistemas de diagnóstico de Golf    | Maruman Golf                     | Escolha do clube de golfe baseada no físico e tacada dos jogadores.   |

Fonte: (SOUZA 2010; KOHAGURA 2007).

Os sistemas *Fuzzy* possuem diversas vantagens quando comparados a outros tipos de sistemas de controle (FABRO, 2003):

- Contentamento de múltiplos objetivos de controle;
- Facilidade nas especificações de controle;
- Simplificação de modelos que representa o processo;
- Facilidade de compreensão.

#### 2.2.1.2 Conjunto *Fuzzy*

A teoria *Fuzzy* foi concebida por L.A. Zadeh em 1965 com o intuito de fornecer uma ferramenta matemática para o tratamento de informações de caráter impreciso.

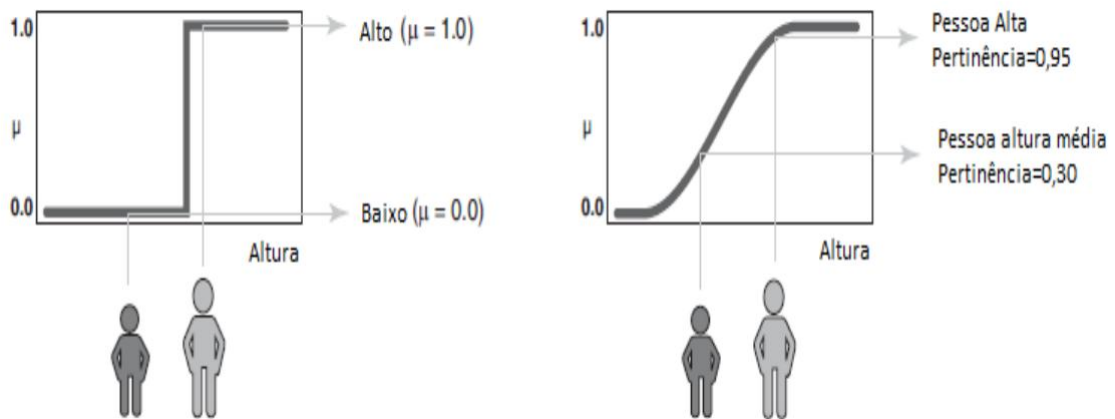
#### 2.2.1.3 Lógica *Fuzzy*

A lógica sempre trabalha com extremos 0 e 1, ou seja, pertencem ou não a determinado conjunto, sempre descartando qualquer valor intermediário. No entanto a lógica *Fuzzy* admite que todas as coisas possuem um grau de pertinência a um conjunto, a fim de poder trabalhar com os valores intermediários.

A Figura 1, mostra a diferença entre a lógica clássica e a lógica *Fuzzy*. O que pode ser visto neste exemplo é que na lógica clássica uma pessoa jamais poderia ser ponderada de estatura mediana, porém na lógica *Fuzzy* ela pode ser considerada mais próxima de alta ou baixa.



**Figura 1 – Diferença entre a lógica clássica e a lógica Fuzzy.**



**Fonte: Retirado de (POSSET, 2011).**

As representações matemáticas das lógicas clássica e *Fuzzy* são dada pelas Equações 1 e 2, respectivamente. Sendo considerado o conjunto A e o elemento X.

Equação 1:

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

Equação 2:

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{se, e somente se, } x \in A \\ 0 & \text{se, e somente se, } x \notin A \\ 0 \leq \mu(x) \leq 1 & \text{se } x \text{ pertence parcialmente a } A \end{cases} \quad (2)$$

#### 2.2.1.4 Mapas Mentais

Durante muitos anos foram pesquisados vários métodos para aprimorar e potencializar a capacidade de aprender e gravar o que foi visto. Inúmeros métodos foram criados, alguns eficazes e outros desprezíveis. Com esses diversos tipos de métodos "duvidosos" o inglês, professor e psicólogo, Tony Buzan, percebeu que as anotações lineares eram extremamente ineficientes para a aprendizagem em si.

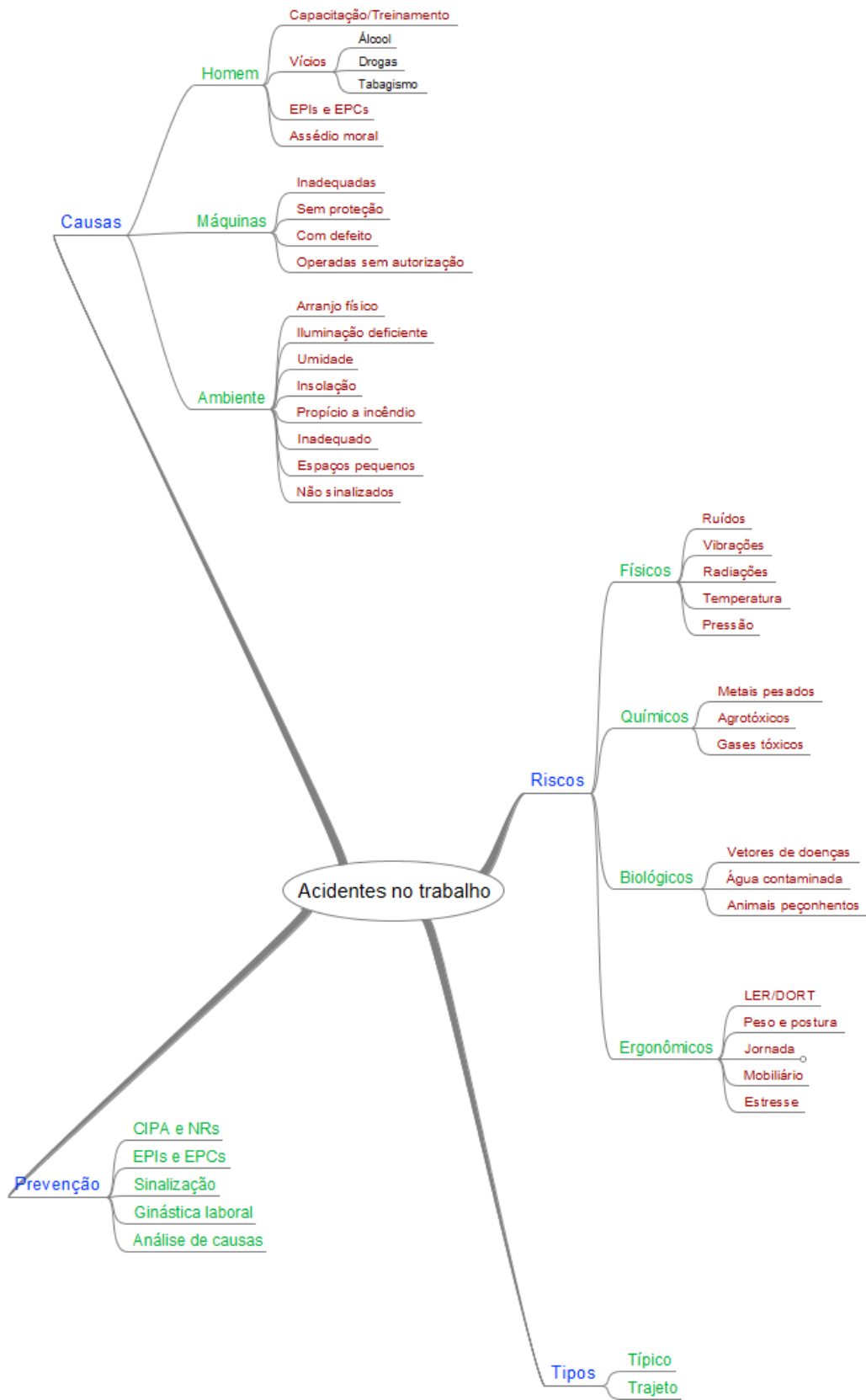
Tony Buzan destacava palavras-chaves de anotações lineares, começando a olhar esses conceitos destacados, automaticamente ele lembrava do contexto em si, deste modo ele pegou uma folha colocando um tópico central, e cada ramo sendo detalhado conforme a necessidade, surgindo assim os Mapas Mentais.

Mapa Mental é uma ferramenta que permite a memorização, organização e representação da informação com o propósito de facilitar os processos de aprendizagem, administração e planejamento organizacional, assim como, uma tomada de decisão.

Podem ser aplicados a qualquer tarefa, atividade profissional ou lazer, de modo individual ou em grupo, para planejar qualquer tipo de evento. É um método utilizado em todas áreas de conhecimento humano.

Exemplo de Mapa Mental:

Figura 2 – Mapa Mental Acidentes no Trabalho.



Fonte: Próprio Autor.

### 2.2.1.5 Mapas Cognitivos *Fuzzy*

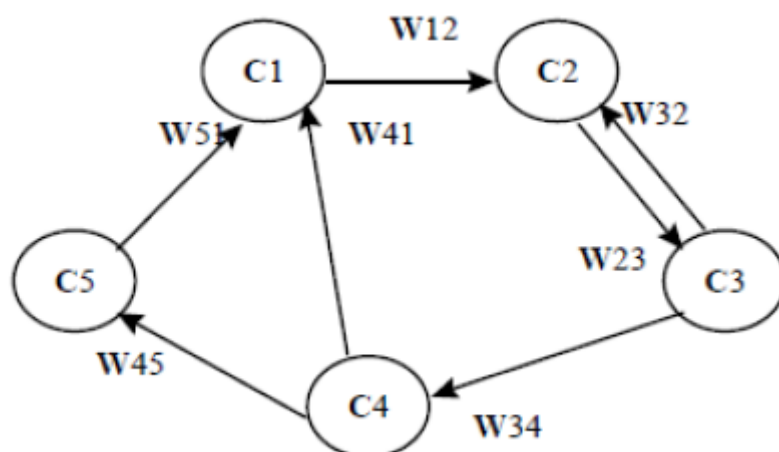
Na década de 80, o trabalho pioneiro de Kosko, estendeu os mapas cognitivos, o FCM é uma evolução dos mapas cognitivos Axelrod (1976) e Tolman (1948). Desse modo, com essa ferramenta, várias aplicações de FCM foram surgindo em diversas áreas de conhecimento, como, aplicações em vida artificial, modelagem e tomada de decisão em ambientes corporativos e comércio eletrônicos, sistemas sociais, tomada de decisão em rodovias de acesso rápido, tomada de decisão nas áreas médicas, navegação robótica autônoma, na área pedagógica, predição de séries temporais, entre outras. Em comparação com os modelos clássicos, os mapas cognitivos *Fuzzy* têm inúmeras vantagens segundo Kosko.

O conceito de Mapa Cognitivo *Fuzzy* (FCM) foi implementado por Bart Kosko (1986) e definido por ele mesmo como uma estrutura gráfica, na qual é utilizada para representar raciocínio causal. De acordo com Carvalho e Tome (2009), os mapas cognitivos *Fuzzy* foram desenvolvidos como uma abordagem qualitativa e alternativa para o sistema dinâmico. Para Khan e Khor (2004), o FCM tem sido utilizado para representar e analisar relações causais em determinadas áreas de aplicações, por meio da modelagem de um cenário e com uma série de eventos e as relações ocorridas entre eles.

Ainda de acordo com Carvalho e Tome (2009) os FCM foram criados para serem utilizados por não matemáticos e/ou não engenheiros, já que esses mapas suprem a necessidade de um conhecimento matemático complexo para modelagem qualitativa de sistemas dinâmicos.

Os mapas são representados através de nós para os conceitos que são utilizados no comportamento do sistemas, e são conectados por arcos que representando as relações de causalidade que existe entre os conceitos, conforme mostra na Figura 3.

Figura 3 – Mapa Cognitivo *Fuzzy*.

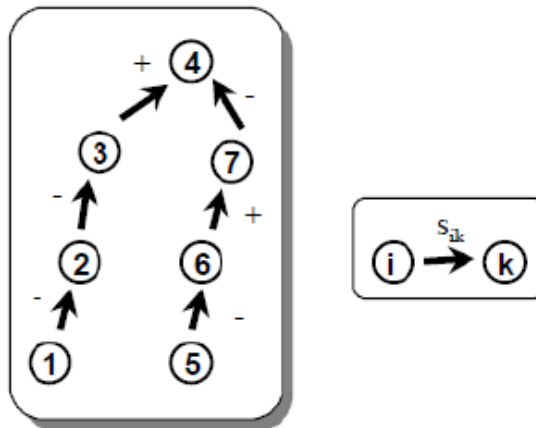


Fonte: Stylios, Georgopoulos e Groumpos (2000).

Cada nó é representado um conceito característico do sistema, e cada conceito é caracterizado por um número  $A_i$  que quantifica o seu valor, em um intervalo  $[-1,1]$ . Dentre os conceitos, há inúmeros tipos possíveis de relações de causalidade, que expressam da maneira como elas se influenciam. Os pesos dos arcos entre os conceitos  $C_i$  e  $C_j$  pode ser positivo ( $W_{ij} > 0$ ), na qual significa que um aumento no valor do conceito  $C_i$  leva um aumento do valor do conceito  $C_j$ , e uma diminuição no valor de  $C_i$  tem um efeito de diminuição no valor do conceito  $C_j$ . Já em uma situação de causalidade negativa ( $W_{ij} < 0$ ) significa que um aumento no valor do conceito  $C_i$  causa uma diminuição do valor do conceito  $C_j$  e vice-versa (STYLIOS, GEORGOPOULOS E GROUMPOS, 2000).

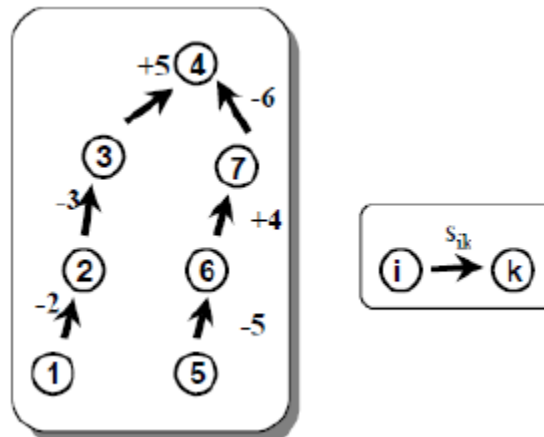
Ensslin e Montibeller (1999), apresentaram três modelos de mapa cognitivo: tradicional, com pesos e *Fuzzy*. Conforme mostra nas Figuras 4, 5 e 6, respectivamente.

Figura 4 – Mapa Cognitivo Tradicional.



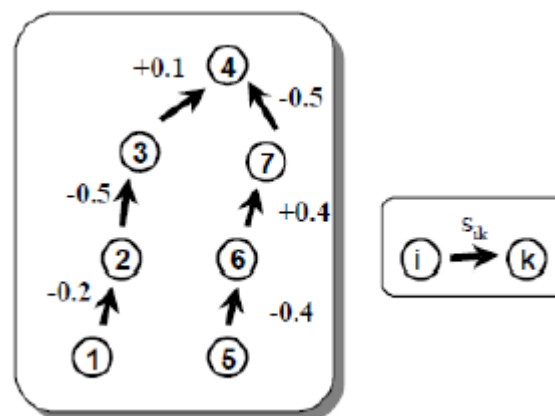
Fonte: Ensslin e Montibeller (1999).

Figura 5 – Mapa Cognitivo com Pesos.



Fonte: Ensslin e Montibeller (1999).

Figura 6 – Mapa Cognitivo *Fuzzy* Exemplo.



Fonte: Ensslin e Montibeller (1999).

No mapa tradicional, representado pela Figura 4, a ligação entre os conceitos admite apenas um sinal positivo (o aumento de um conceito gera um aumento no conceito seguinte) ou um negativo (um aumento em um conceito gera uma diminuição no conceito seguinte).

No mapa com pesos, mostrado pela Figura 5, é possibilitado um grau de informações mais detalhados, já que pode se trabalhar com uma intensidade de influência que determinada causa gera um efeito, o problema desse modelo segundo Ensslin e Montibeller (1999), é que o mesmo está sujeito as percepções de quem determina os pesos, e isso pode sujeitar o modelo a uma séries de inconsistências psicológicas.

Já no mapa cognitivo *Fuzzy*, retratado pela Figura 6, representa as relações de influencia, de acordo com os autores essas relações de causalidades geram uma séries de regras, geralmente do tipo "se...então". Para Tanscheit (2007), se um operador humano for capaz de articular sua estratégia de ação como um conjunto de regras, pode-se construir um algoritmo possível de ser implementado em um computador. Seu resultado é um sistema de inferência baseado em regras, no qual a Teoria de Conjuntos *Fuzzy* fornecem a ferramenta matemática necessária para lidar com os problemas.

Os autores (ENSSLIN E MONTIBELLER, 1999) explicam de acordo com a Figura 6, que a influência indireta  $S_{14}$  de  $C_1$  em  $C_4$  é calculada como:

$$S_{14} = S_{12} \wedge S_{23} \wedge S_{34}$$

$$S_{14} = \text{ sinal } (S_{12}) * \text{ sinal } (S_{23}) * \text{ sinal } (S_{34}) * \min \{|S_{12}|, |S_{23}|, |S_{34}|\}$$

$$S_{14} = (-)(-)(+) * \min \{0.2, 0.5, 0.1\} = +0.1$$

Onde: o símbolo  $\wedge$  representa interseção das conexões *Fuzzy*.

E da mesma forma a influência indireta  $S_{54}$  de  $C_5$  em  $C_4$  é calculada por:

$$S_{54} = S_{56} \wedge S_{67} \wedge S_{74}$$

$$S_{54} = \text{ sinal } (S_{56}) * \text{ sinal } (S_{67}) * \text{ sinal } (S_{74}) * \min \{|S_{56}|, |S_{67}|, |S_{74}|\}$$

$$S_{54} = (-)(+)(-) * \min \{0.4, 0.4, 0.5\} = +0.4$$

Onde: o símbolo  $\wedge$  representa interseção das conexões *Fuzzy*.

Desta forma, neste exemplo pode-se observar obviamente que o meio  $C_5$  é superior a  $C_1$  em termos de seu efeito em  $C_4$ .

#### 2.2.1.6 Revisão da Literatura

Com seu trabalho pioneiro, Kosko (1986), estendeu-se os mapas cognitivos de Axerold (1967) para uma inclusão da lógica *Fuzzy*. Com essa inclusão, várias aplicações de FCM são encontradas em diversas áreas do conhecimento ao longo dos anos. Algumas em especiais como, tomada de decisão na área médica (PAPAGEORGIOU; STYLIOS; GROUMPOS, 2007), sistemas sociais (TABER, 1994), aplicações em vida artificial (DICKERSON; KOSKO, 1994, 1996), tomada de decisões em rodovias de acesso rápido (PERUSICH, 1996), entre outras. Alguns trabalhos citados também são importantes por empregar diferentes combinações de ajuste, aprendizado, aquisição de informação e mudança de estrutura do FCM clássico.

Uma aplicação na área de automação foi proposta por Gotoh *et al.* (1989) para a modelagem e controle supervísório de plantas industriais. Outro FCM tendo como principal objetivo apoiar a tomada de decisão na supervisão e controle de processos industriais foi desenvolvido por Pelaez e Bowles (1996) sendo um sistema de análise e detecção de falhas.

Outro exemplo de estruturas que aumentam o desempenho ou capacidade de tomada de decisões em FCM é encontrada por Tsadiras e Konstantinos (1997), nesta proposta o trabalho obteve uma arquitetura baseada em redes neurais recorrentes, na qual foi denominada CFFCM (*Certainty Neuron Fuzzy Cognitive Maps*), tendo como principal diferencial a utilização de transferência com duas variáveis e a introdução do domínio do tempo na estrutura FCM. Segundo esses autores, esse FCM com uma nova função de ativação permite níveis de ativação em qualquer decimal dentro do intervalo  $[-1,1]$ , sendo incrementado uma capacidade de representação deste modelo.

Uma arquitetura diferente de FCM foi apresentada por Liu e Satur (1999) denominada de *Contextual Fuzzy Cognitive Maps* (CFCM), este modelo empregou dados de um sistema de informações geográficos e conhecimento



qualitativo de especialistas. Essa arquitetura emprega relações modeladas por funções *Fuzzy* em um mecanismo de interferência para auxílio em tomada de decisões em um sistema de predição geográfica.

Chun-Mei (2008) apresenta a evolução de topologias FCM para a construção de modelos qualitativos, desenvolvendo uma proposta de controle multivariado com o uso de FCM.

Em 2009, Neves Junior, Arruda e Mendonça, um FCM é utilizado para gerar *set-points* no nível supervisorio para o mesmo processo de fermentação utilizado na tese (Uma Contribuição ao Desenvolvimento de Sistemas Inteligentes Utilizando Redes Cognitivas Dinâmicas, Mendonça, 2011), neste trabalho os autores utilizam um FCM para modelar o processo de fermentação e um algoritmo genético para alterar as relações causais entre os conceitos do mapa a fim de garantir o funcionamento adequado do processo nos diversos pontos de operação desejados.

## **2.2.2 Métodos Estudados**

Nesta seção serão apresentados os métodos que serão implementados.

### **2.2.2.1 Segurança e acidentes de trabalho**

De acordo com Zocchio (2002), segurança do trabalho pode ser definida como o "conjunto de recursos empregados para prevenir acidentes e doenças ocupacionais". A lei 8.213, de 24 de junho de 1991, que dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social, em seu artigo 19, conceitua:

Acidente do trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta Lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade de desenvolvimento do trabalho.

Segundo o INSS (1998), o acidente de trabalho é definido por:

- Acidente típico: Ocorre na atividade profissional desempenhada pelo funcionário;
- Acidente de trajeto: Ocorre no trajeto entre a residência e o local de trabalho do segurado;
- Acidente devido a doença do trabalho : Decorrente de qualquer tipo de doença profissional peculiar a determinado ramo de atividade econômica;
- Acidentes Liquidados: Acidentes cujos processos são encerrados administrativamente pelo INSS;
- Acidentes Registrados: Corresponde ao número de acidentes na qual são abertos administrativamente e tecnicamente pelo INSS;
- Incapacidade Temporária: Segurados que ficam temporariamente incapacitados para suas atividades laborativas;
- Incapacidade Permanente: Segurados que ficam permanentemente incapacitados para o exercício de sua atividade laborativa;
- Assistência Médica: Segurados que recebem atendimento médicos para sua recuperação.

Para esses conceitos de acidentes no trabalho, é preciso que ocorram lesões ou perturbações funcionais com ou sem afastamento do trabalhador do seu local de trabalho, porém existem os incidentes, nome dado para acidentes que não provocam lesões, em geral os acidentes podem ser classificados como:

- Acidentes com afastamento;
- Acidentes sem afastamento;
- Acidentes sem vítimas ou incidentes.

A principal fonte de informação para acidentes de trabalho no Brasil é o CAT (Comunicação de Acidente de Trabalho), realizado pelo INSS, por ter uma abrangência nacional ele é uma importante fonte sobre acidentes do trabalho e doenças profissionais.

Segundo Araújo (1989), o aumento da tecnologia tende a aumentar a monotonia do trabalho com conseqüente elevação do desgaste psicológico e da ocorrência de acidentes. E para o mesmo, os acidentes são atribuídos em duas classes:

- Fatores de Situação: Projeto do Equipamento ou ferramenta, projeto de trabalho, métodos de trabalho, duração dos períodos de trabalho e meio físico;

- Fatores Individuais: Características de personalidade, sistemas de valores, motivação, idade, sexo, formação, experiência e outros.

Os elementos mais pertinentes que podem influir na ocorrência de acidentes de trabalho são:

- Condições Físicas de Trabalho: um dos fatores mais negligenciados pelos empresários, verificando que as modificações destas condições implica em um grande gasto monetário, os empresários preferem pagar o adicional de insalubridade, fazendo com que o trabalhador aceite trabalhar em um local insalubre com um acréscimo no salário;

- Fluxo de Trabalho: segundo pesquisas, os manuseios de materiais são os que mais ocorrem acidentes. Para estes setores deve ser reduzido ao mínimo o contato físico e melhorar os dispositivos de segurança e proteções;

- Ritmo de Trabalho: ainda segundo Araújo (1989), quanto mais intenso o ritmo de trabalho, maior desgaste físico e mental, podendo ser a causa de um futuro acidente de trabalho;

- Riscos Ambientais Físicos: oriundos de agentes que atuam sobre o organismo, dependendo da velocidade de energia transferida, podem causar pequenas ou grandes conseqüências e desconforto para o trabalhador. Podem ser classificados como: ruído, vibrações, radiações não ionizantes, radiações ionizantes, iluminação, frio, umidade, calor e pressão;

- Riscos Químicos: tem como principais agentes sólidos, líquidos, gases, vapores, névoa, poeiras que podem provocar lesões ou perturbações funcionais ou mentais, quando absorvidos pelo organismo.

- Risco Biológicos: são causados por agentes vivos que causam doenças e se localizam no meio ambiente, podendo ser fungos, bactérias ou vírus. Podem estar relacionados com a higiene sanitária, atividades que possui contato direto e até mesmo com os alimentos.

- Riscos Ergonômicos: ocorrem quando o ambiente de trabalho não está adequado ao ser humano. A melhoria deve ser feita levando em consideração o bem estar físico e psicológico.

- Uso de EPI e EPC: a empresa é obrigada a fornecer e fiscalizar o uso devido e correto de cada equipamento para seus funcionários, já que esses equipamentos são destinados à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.

#### 2.2.2.2 Eficiência energética

Com a crescente demanda por energia, novas soluções de geração são buscadas, priorizando as que utilizam fontes limpas e inesgotáveis, a forma mais comum de geração de energia no Brasil é a realizada por usinas hidrelétricas. A geração de energia pode ser produzidas em diferentes modos, como:

-Energia eólica: gerada a partir da força do vento;

-Energia solar: gerada a partir do sol, pode ser do tipo fotovoltaica ou térmica;

-Energia hidrelétrica: trata-se de aproveitamento das águas dos rios para movimentar turbinas geradoras de eletricidade;

-Biomassa: toda matéria orgânica não fóssil que possa ser utilizada na produção de calor e com sua queima produz energia;

-Fontes não-renováveis: são aquelas que utilizam recursos da natureza finitos;

-Combustíveis fósseis: são aqueles cuja queima é capaz de gerar energia, seja para estações termoelétricas ou até mesmo para veículos de grande porte;

-Energia nuclear: é obtida por meio de fissão nuclear de materiais radioativos.

À medida que o consumo de energia elétrica aumenta, um elevado suprimento de energia nas atividades deve ser considerado. Devido esse fato várias empresas estão aderindo à projetos de eficiência energética, já que a cada ano que passa o valor da energia aumenta cada vez mais, afim das indústrias tomaram uma atitude para uma possível economia.

Atualmente nas unidades fabris de todo o Brasil, cerca de 20% dos motores instalados possuem mais de 25 anos, comprovado que esses são os

maiores consumidores de energia nas indústrias. Na maioria dos casos, esses motores já foram rebobinados cerca de 7 a 10 vezes (PROCEL, 2012). Dentre este contexto, nem sempre as alternativas com menor tempo de retorno direto serão a melhor solução.

Alguns motivos para as empresas aderirem um projeto de eficiência energética são:

-Perdas nas instalações elétricas: substituir circuitos elétricos afim de evitar percas ou fugas de correntes, além de respeitar o equilíbrio das fases;

-Motores elétricos: no mercado atual existem motores com maior rendimento e com menores perdas de energia, afim de gerar uma maior economia;

-Transformadores: se os transformadores não estiverem funcionando em uma faixa desejável de sua potência nominal, um rendimento útil não será obtido, assim gerando maiores gastos;

-Sistemas de iluminação: efetuar a troca de lâmpadas por "*leds*", trocar luminárias e reatores por mais modernas, gera também uma economia.

Utilizar um projeto de eficiência energética para uma indústria é uma opção na qual pode oferecer um ótimo custo-benefício, otimizando os processos e diminuindo os gastos.

Vale salientar que a energia elétrica é importante para todas as pessoas, visto que o mundo moderno foi construído em torno da dependência elétrica. E sem ela o planeta entraria em colapso, pois a população entraria em pânico, as cidades se tornariam um caos, haveria a descentralização dos poderes, o fim do mundo moderno e da indústria médica, já que acabariam as fabricações de vacinas e medicamentos, havendo milhões de mortes no planeta (MIRANDA, 2014).

### 2.2.3 Conceitos Relevantes

Com os estudos e aprofundamento nos assuntos abordados, para este trabalho, foi utilizado alguns conceitos classificados como importantes na elaboração do Mapa Cognitivo *Fuzzy* e do Mapa Mental, podendo assim ser possível a realização de uma entrevista com profissionais da área, afim de

atribuir notas para esses conceitos, para que possa ser validado e identificado as diversas áreas e seus respectivos pesos na indústria.

Conceitos utilizados para segurança do trabalho:

- Ergonomia (Conscientização, Espaço, Equipamentos de Operação, Movimentos Corporais, Postura e Estrutura);
- EPI e EPC (Uso Correto e Uso Incorreto);
- Ambiente de Trabalho ( Estrutura, Materiais de Trabalho, Espaço e Maquinários);
- Experiência Profissional (Treinamento, Capacidade, Qualificação e Tempo de Serviço);
- Saúde (Saúde Mental, Saúde Física, Peso, Idade e Condicionamento Físico).

Conceitos utilizados para eficiência energética:

- Sistemas Elétricos (Lâmpadas, Fiação, Proteção, Potência, Manutenção, Fator de Potência e Disjuntores);
- Sistemas de Iluminação (Lâmpadas, Fiação, Luminárias, Potência, Manutenção, Fator de Potência e Limpeza);
- Ar-condicionado/Ventilação (Manutenção, Potência, Consumo, Meio de Trabalho e Limpeza);
- Maquinários/Equipamentos (Manutenção, Potência, Consumo, Produção e Tempo de Uso);
- Transformadores (Qualidade, Manutenção, Potência e Uso Específico).

#### 2.2.4 Empresa Entrevistada

A empresa entrevistada não quis ter seu nome divulgado, devido à fatores de concorrência e até mesmo de segurança. Esta indústria, ocupa uma área de terreno de aproximadamente 100.000 m<sup>2</sup>, no estado do Paraná, por grupos de cafeicultores dessa região. Em 1977, a fábrica passou a figurar entre as 100 maiores empresas exportadoras do Brasil, com participação de 12,2%

do total das exportações de café solúvel. Em meados do ano 2000 a mesma fez o seu primeiro investimento industrial em país estrangeiro, construindo uma unidade para torrefação de café e embalagem de café solúvel na Europa. Há alguns anos, foi inaugurada a caldeira à biomassa, um importante passo para a sustentabilidade, sendo uma contribuição significativa para a preservação ambiental, reduzindo os efeitos do aquecimento global. Com a nova caldeira, a companhia se tornou capaz de prover mais de 80% da energia necessária para abastecer seu parque industrial. Também, foi inaugurado o segundo túnel de liofilização na fábrica, possibilitando a ampliação da capacidade de produção de café solúvel liofilizado. Hoje esta empresa está entre as cinco maiores empresas no Brasil exportadoras de café solúvel.

### **3 RESULTADOS ESPERADOS**

Com a realização desse trabalho, espera-se corroborar com a construção de uma ferramenta computacional inteligente, que a partir de informações qualitativas, seja capaz de realizar diagnósticos quantitativos e identificar pontos críticos em uma indústria, afim de que a mesma possa ter uma informação exata de onde precisa ter uma futura e eminente solução.

Após a implementação dos métodos abordados no trabalho, será desenvolvida uma pesquisa em uma indústria, para que os dados coletados sejam implementados, com a finalidade de comparar os pontos negativos e positivos da indústria estudada, cuja função será mostrar onde possui o maior risco.

### **4 IMPLEMENTAÇÃO E ENSAIOS**

#### **4.1 Pesquisa Realizada**

Para validar este trabalho e obter uma conclusão satisfatória, foi realizado uma entrevista com alguns funcionários, que atuam em diversos setores da indústria.

Para o ensaio, foi efetuada uma pesquisa com 20 funcionários da empresa, contendo um questionário de 19 perguntas relacionadas à segurança do trabalho (Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6), na qual foi respondido pelos mesmos, com pesos entre [0 e 1], sendo classificados: entre [0 a 0.2] muito baixo; entre [0 a 0.4] baixo; entre [0.4 a 0.6] médio; entre [0.6 a 0.8] alto; entre [0.8 a 1.0] muito alto. As perguntas foram respondidas de acordo com a opinião pessoal de cada empregado

Após a coleta de dados, foi realizado a soma aritmética de cada conceito (Tabela 7), concedendo um peso para as mesmas, para a utilização dos FCM. Os conceitos e sub-conceitos empregado nas pesquisas foram:

- Ergonomia: Estrutura, Conscientização, Postura, Espaço, Equipamentos de Operação e Movimentos Corporais;
- EPI e EPC: Uso correto e Uso Incorreto;
- Meio Ambiente: Estrutura, Materiais de Trabalho, Espaço e Maquinários;
- Experiência Profissional: Tempo de Serviço, Qualificação, Capacidade e Treinamento;
- Saúde: Peso, Idade, Saúde Mental, Saúde Física e Condicionamento Físico.



**Tabela 2: Pesquisa relacionada à ergonomia.**

| Funcionários             | Ergonomia       |             |              |             |                          |                      |
|--------------------------|-----------------|-------------|--------------|-------------|--------------------------|----------------------|
|                          | Conscientização | Estrutura   | Postura      | Espaço      | Equipamentos de Operação | Movimentos Corporais |
| Miguel                   | 1               | 0.6         | 0.8          | 0.8         | 1                        | 0.9                  |
| Lucas                    | 0.9             | 0.7         | 1            | 0.7         | 0.8                      | 0.8                  |
| Guilherme                | 1               | 1           | 1            | 0.8         | 0.8                      | 1                    |
| Gabriel                  | 0.9             | 0.8         | 0.9          | 0.7         | 0.8                      | 1                    |
| Rafael                   | 0.8             | 0.9         | 1            | 1           | 0.9                      | 1                    |
| João                     | 0.9             | 0.9         | 0.8          | 0.9         | 0.7                      | 1                    |
| Gustavo                  | 0.7             | 0.9         | 0.8          | 0.7         | 0.7                      | 0.8                  |
| Pedro                    | 1               | 0.5         | 1            | 0.5         | 0.6                      | 0.7                  |
| Bernardo                 | 0.8             | 0.8         | 0.7          | 0.6         | 0.9                      | 0.9                  |
| Henrique                 | 0.9             | 0.7         | 0.7          | 0.7         | 0.7                      | 1                    |
| Bruno                    | 1               | 1           | 1            | 1           | 0.8                      | 1                    |
| Felipe                   | 1               | 0.6         | 0.6          | 0.4         | 1                        | 1                    |
| Vinícius                 | 0.7             | 0.5         | 0.8          | 0.9         | 0.5                      | 0.8                  |
| Diego                    | 1               | 1           | 0.8          | 0.8         | 0.9                      | 0.9                  |
| Daniel                   | 0.7             | 0.6         | 0.9          | 0.6         | 0.8                      | 1                    |
| Thiago                   | 0.6             | 0.7         | 0.7          | 0.9         | 0.9                      | 0.9                  |
| Fernando                 | 0.9             | 0.7         | 0.8          | 0.8         | 0.6                      | 1                    |
| Rodrigo                  | 0.8             | 0.8         | 0.8          | 1           | 0.9                      | 1                    |
| Marcelo                  | 1               | 1           | 1            | 0.8         | 0.7                      | 0.9                  |
| Luiz                     | 0.8             | 0.7         | 1            | 1           | 0.6                      | 1                    |
| <b>Notas Aritméticas</b> | <b>0.87</b>     | <b>0.77</b> | <b>0.855</b> | <b>0.78</b> | <b>0.78</b>              | <b>0.93</b>          |

Fonte: Próprio autor.

**Tabela 3: Pesquisa relacionada à saúde.**

| Funcionários             | Saúde                  |              |             |              |              |
|--------------------------|------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
|                          | Condicionamento Físico | Peso         | Idade       | Saúde Física | Saúde Mental |
| Miguel                   | 0.8                    | 0.6          | 0.8         | 1            | 0.9          |
| Lucas                    | 0.7                    | 0.8          | 1           | 1            | 0.9          |
| Guilherme                | 0.8                    | 0.5          | 0.9         | 1            | 0.7          |
| Gabriel                  | 0.9                    | 0.4          | 0.8         | 0.9          | 0.6          |
| Rafael                   | 0.6                    | 0.8          | 0.6         | 0.7          | 1            |
| João                     | 0.5                    | 0.7          | 0.9         | 0.6          | 0.9          |
| Gustavo                  | 0.7                    | 0.8          | 0.9         | 0.8          | 0.8          |
| Pedro                    | 1                      | 1            | 1           | 0.9          | 0.9          |
| Bernardo                 | 0.8                    | 0.9          | 1           | 0.5          | 0.7          |
| Henrique                 | 1                      | 0.6          | 0.5         | 1            | 0.6          |
| Bruno                    | 0.9                    | 0.5          | 0.8         | 0.9          | 1            |
| Felipe                   | 0.7                    | 0.7          | 0.9         | 0.9          | 1            |
| Vinícius                 | 0.8                    | 0.9          | 0.6         | 0.9          | 1            |
| Diego                    | 0.9                    | 0.7          | 0.7         | 0.7          | 1            |
| Daniel                   | 0.6                    | 0.9          | 0.7         | 0.9          | 0.9          |
| Thiago                   | 0.6                    | 0.8          | 0.9         | 0.8          | 0.8          |
| Fernando                 | 0.7                    | 1            | 1           | 0.7          | 0.9          |
| Rodrigo                  | 0.9                    | 0.6          | 1           | 0.6          | 0.7          |
| Marcelo                  | 0.8                    | 0.5          | 0.8         | 0.9          | 0.8          |
| Luiz                     | 1                      | 0.6          | 0.6         | 1            | 0.9          |
| <b>Notas Aritméticas</b> | <b>0.785</b>           | <b>0.715</b> | <b>0.82</b> | <b>0.835</b> | <b>0.85</b>  |

**Fonte: Próprio autor.**

**Tabela 4: Pesquisa relacionada ao meio ambiente.**

| <b>Funcionários</b>      | <b>Meio Ambiente</b>         |               |                    |                  |
|--------------------------|------------------------------|---------------|--------------------|------------------|
|                          | <b>Materiais de Trabalho</b> | <b>Espaço</b> | <b>Maquinários</b> | <b>Estrutura</b> |
| Miguel                   | 1                            | 1             | 1                  | 0.9              |
| Lucas                    | 0.8                          | 0.9           | 1                  | 0.9              |
| Guilherme                | 0.9                          | 0.6           | 1                  | 0.8              |
| Gabriel                  | 0.7                          | 0.7           | 1                  | 0.8              |
| Rafael                   | 0.8                          | 0.9           | 1                  | 1                |
| João                     | 0.8                          | 0.8           | 0.9                | 1                |
| Gustavo                  | 0.6                          | 1             | 0.9                | 1                |
| Pedro                    | 0.9                          | 0.9           | 0.8                | 0.8              |
| Bernardo                 | 1                            | 0.8           | 0.7                | 0.7              |
| Henrique                 | 1                            | 0.7           | 0.9                | 0.9              |
| Bruno                    | 0.8                          | 0.9           | 0.8                | 0.7              |
| Felipe                   | 0.8                          | 0.5           | 0.8                | 0.7              |
| Vinícius                 | 0.9                          | 1             | 0.8                | 0.8              |
| Diego                    | 0.7                          | 0.9           | 1                  | 0.9              |
| Daniel                   | 0.8                          | 0.7           | 1                  | 0.8              |
| Thiago                   | 0.9                          | 0.6           | 0.9                | 1                |
| Fernando                 | 0.9                          | 1             | 0.9                | 1                |
| Rodrigo                  | 0.8                          | 1             | 0.8                | 0.7              |
| Marcelo                  | 0.9                          | 0.9           | 0.8                | 0.6              |
| Luiz                     | 1                            | 0.8           | 0.7                | 0.8              |
| <b>Notas Aritméticas</b> | <b>0.85</b>                  | <b>0.83</b>   | <b>0.885</b>       | <b>0.84</b>      |

**Fonte: Próprio autor.**

**Tabela 5: Pesquisa relacionada a experiência profissional.**

| Funcionários             | Experiência Profissional |              |              |             |
|--------------------------|--------------------------|--------------|--------------|-------------|
|                          | Tempo de Serviço         | Qualificação | Capacidade   | Treinamento |
| Miguel                   | 0.8                      | 0.8          | 0.8          | 1           |
| Lucas                    | 0.7                      | 0.8          | 1            | 1           |
| Guilherme                | 1                        | 0.9          | 0.9          | 1           |
| Gabriel                  | 1                        | 0.8          | 1            | 1           |
| Rafael                   | 0.9                      | 1            | 1            | 1           |
| João                     | 0.8                      | 1            | 1            | 1           |
| Gustavo                  | 0.9                      | 1            | 0.7          | 1           |
| Pedro                    | 0.9                      | 0.8          | 0.8          | 0.9         |
| Bernardo                 | 1                        | 0.9          | 0.8          | 1           |
| Henrique                 | 1                        | 0.9          | 0.9          | 1           |
| Bruno                    | 1                        | 0.9          | 0.8          | 0.8         |
| Felipe                   | 0.7                      | 1            | 0.7          | 0.9         |
| Vinícius                 | 0.9                      | 1            | 0.7          | 0.9         |
| Diego                    | 0.8                      | 1            | 1            | 1           |
| Daniel                   | 0.9                      | 1            | 0.9          | 0.9         |
| Thiago                   | 0.9                      | 1            | 0.9          | 1           |
| Fernando                 | 0.8                      | 1            | 0.8          | 1           |
| Rodrigo                  | 0.8                      | 1            | 0.8          | 0.8         |
| Marcelo                  | 0.8                      | 0.9          | 0.8          | 0.8         |
| Luiz                     | 1                        | 0.9          | 1            | 1           |
| <b>Notas Aritméticas</b> | <b>0.88</b>              | <b>0.93</b>  | <b>0.865</b> | <b>0.95</b> |

Fonte: Próprio autor.

**Tabela 6: Pesquisa relacionada a EPI e EPC.**

| <b>Funcionários</b>          | <b>EPI e EPC</b>   |                      |
|------------------------------|--------------------|----------------------|
|                              | <b>Uso Correto</b> | <b>Uso Incorreto</b> |
| Miguel                       | 1                  | 1                    |
| Lucas                        | 1                  | 0.8                  |
| Guilherme                    | 1                  | 0.8                  |
| Gabriel                      | 1                  | 0.9                  |
| Rafael                       | 0.9                | 0.9                  |
| João                         | 0.9                | 1                    |
| Gustavo                      | 0.9                | 1                    |
| Pedro                        | 1                  | 1                    |
| Bernardo                     | 0.8                | 1                    |
| Henrique                     | 1                  | 1                    |
| Bruno                        | 1                  | 1                    |
| Felipe                       | 0.9                | 1                    |
| Vinícius                     | 1                  | 1                    |
| Diego                        | 1                  | 0.9                  |
| Daniel                       | 0.9                | 0.8                  |
| Thiago                       | 1                  | 0.9                  |
| Fernando                     | 1                  | 0.8                  |
| Rodrigo                      | 0.8                | 0.8                  |
| Marcelo                      | 0.8                | 1                    |
| Luiz                         | 1                  | 0.9                  |
| <b>Notas<br/>Aritméticas</b> | <b>0.945</b>       | <b>0.925</b>         |

**Fonte: Próprio autor.**

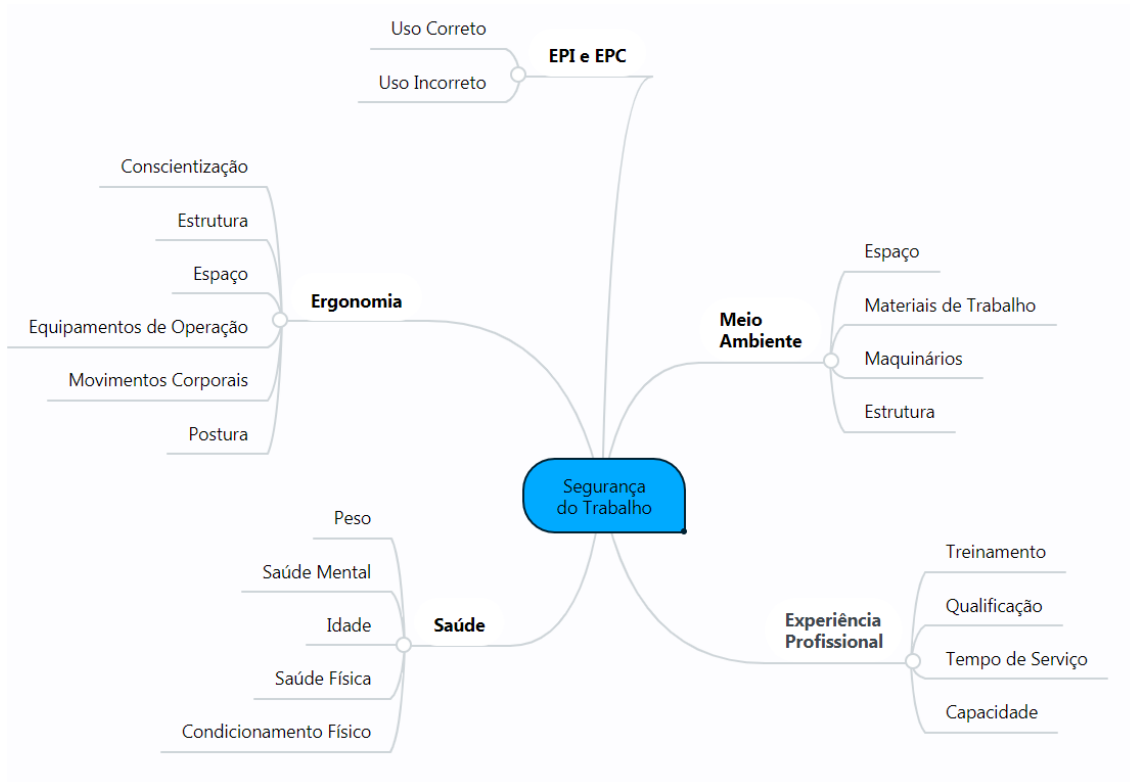
## **4.2 Elaboração dos Mapas Mentais**

De acordo com as pesquisas e estudos aprofundados, levou-se em consideração alguns conceitos mais relevantes, tanto na área de segurança do trabalho como na de eficiência energética, após a escolha destes conceitos foi possível gerar os mapas mentais destes duas áreas, como podem ser observados nas Figuras 7 e 8.

#### 4.2.1 Mapa Mental da Segurança do Trabalho

Os conceitos utilizados para a elaboração do mapa mental da segurança do trabalho foram os mesmo utilizados para o questionário da pesquisa realizada.

**Figura 7 – Mapa Mental da Segurança do Trabalho.**

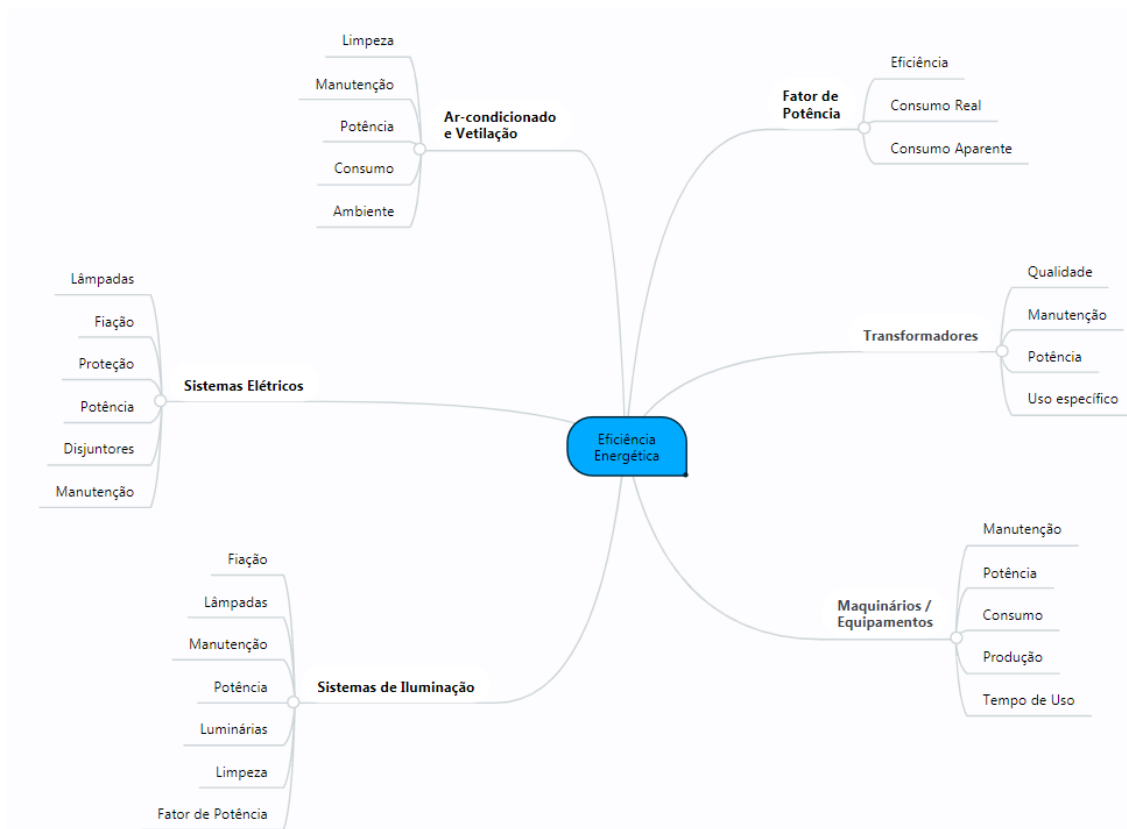


**Fonte: Próprio autor.**

#### 4.2.2 Mapa Mental da Eficiência Energética

Para a criação do mapa mental da eficiência energética, foi abordado 6 conceitos mais importantes segundo as pesquisas realizadas. Estes conceitos com seus sub-conceitos encontram-se no mapa mental da Figura 8.

**Figura 8 – Mapa Mental da Segurança da Eficiência Energética**



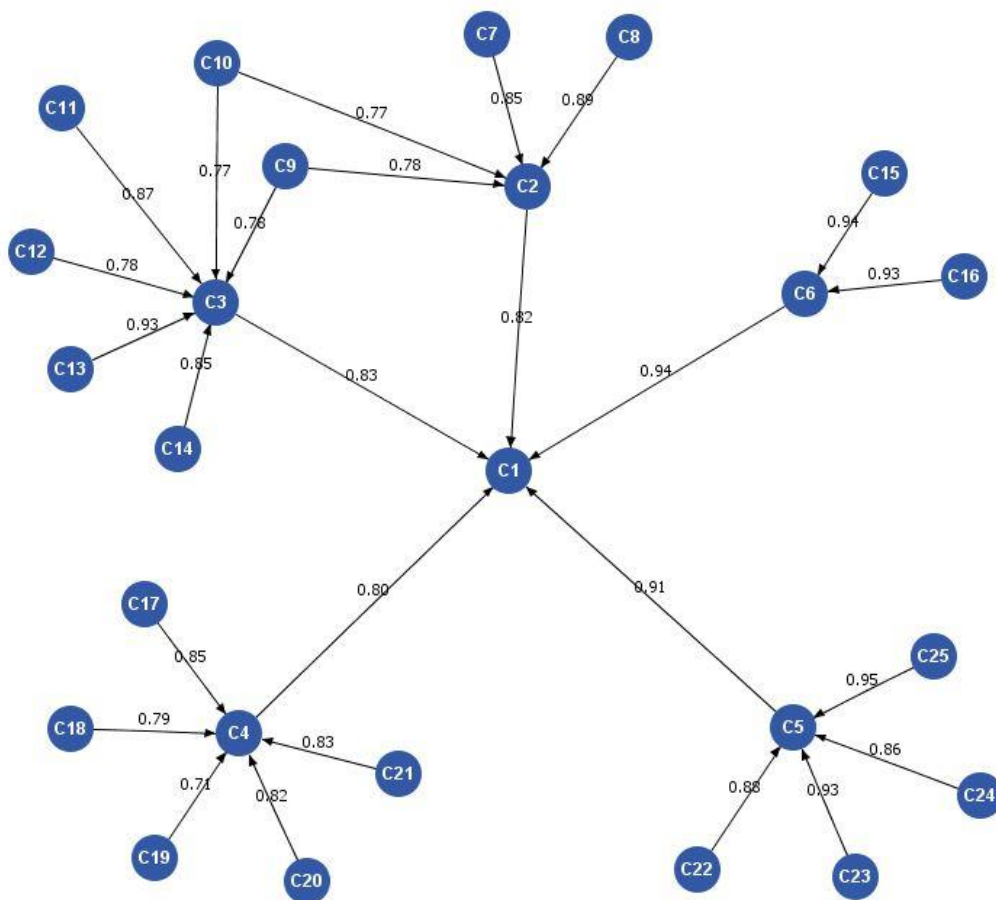
Fonte: Próprio autor.

### 4.3 Gerando o FCM

O FCM da eficiência energética não foi gerado, devido ao fato que todos os conceitos são demasiadamente significantes, ou seja, todos os conceitos estariam atribuídos a pesos muito alto (1), resultando-se em nota máxima no conceito principal do mapa cognitivo *Fuzzy*. Assim não podendo ser notado todas as influências sobre cada conceito com a eficiência energética.

Com as pesquisas realizadas, conceitos, estudos relacionados ao assunto e com o auxílio do *software* FCM EXPERT, foi desenvolvido o FCM da segurança do trabalho (Figura 9)

Figura 9 – FCM da Segurança do Trabalho



Fonte: Próprio autor.

#### 4.4 Realização do Script

Para melhor obtenção visual dos resultados dos mapas cognitivos Fuzzy, foi necessário a criação de um script (Anexo I) no software MATLAB®.

Foi desenvolvido linhas de comando com as equações aprendidas por meio de pesquisas, a fim de facilitar o tratamento de informações, possibilitando a mostra dos resultados em formas de gráficos automáticos.

O script coleta os conceitos que são influenciados no próximo e faz a soma dos mesmos, multiplicando pelo peso atribuído. Após isso é complementado uma função de ativação de cada conceito, podendo então obter os gráficos plotados.



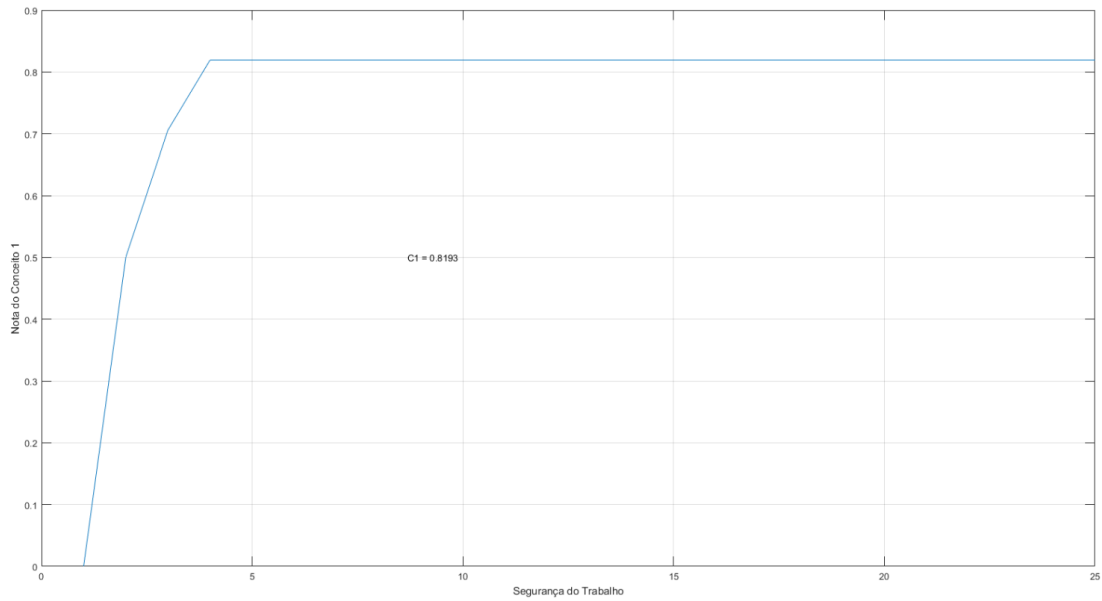
## 5 RESULTADOS OBTIDOS

Com base nos gráficos plotados pelos *softwares* MATLAB® e FCM EXPERT, nota-se um resultado condizente em ambos programas, ou seja, tanto o MATLAB como o FCM EXPERT estão propícios a serem utilizados, devido aos seus resultados serem idênticos.

O mapa cognitivo *Fuzzy* sobre segurança do trabalho, da indústria entrevistada, recebeu uma nota de aproximadamente 0.82 pelas duas plataformas, em seu conceito principal que envolve todos conceitos relacionados à segurança no trabalho, visando que esta nota está na escala de 0 a 1.

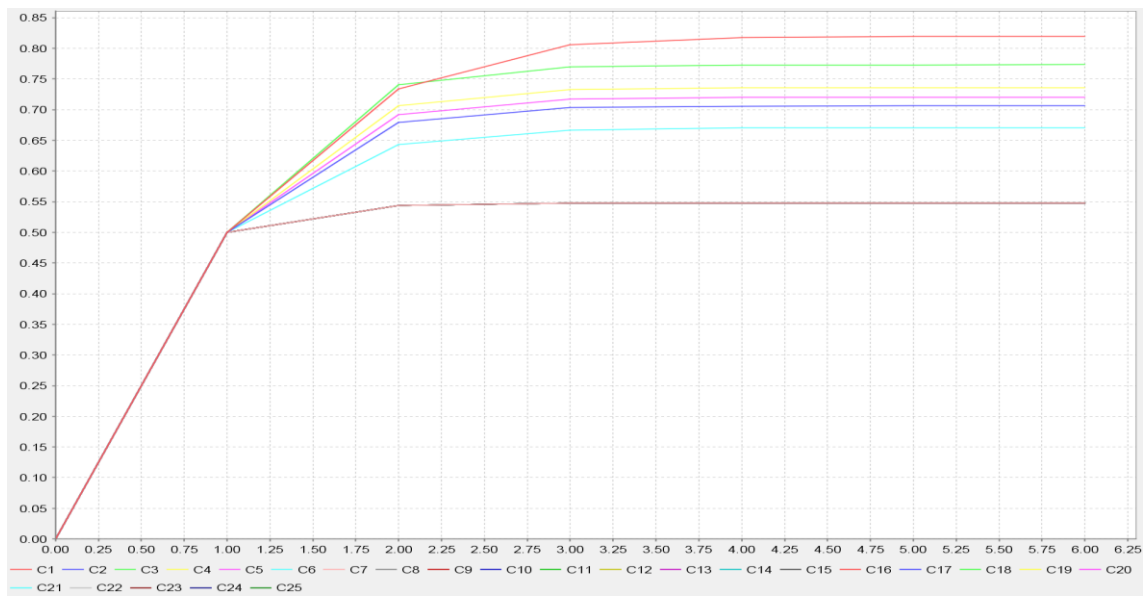
A Figura 10 mostra o gráfico de todos conceitos do FCM que condiz ao *software* FCM EXPERT tendo em vista o conceito principal na legenda por C1, e a Figura 11 o gráfico obtido através do *script* desenvolvido pelo MATLAB®.

**Figura 10 – Resultado do FCM Segurança do Trabalho (MATLAB®)**



Fonte: Próprio autor.

**Figura 11 – Resultado do FCM Segurança do Trabalho (FCM EXPERT)**



Fonte: Próprio autor.

## 6 VALIDAÇÃO E CONCLUSÃO

Junto com o questionário da pesquisa realizada na indústria entrevistada, foi-se inquirido se a empresa possuía alguma nota concebida por algum órgão ou empresa responsável, na área de segurança do trabalho. E a mesma recebeu uma nota de aproximadamente 8 pontos, em uma escala entre 0 a 10.

Com a informação desta nota recebida pela fábrica e com a nota obtida através da entrevista e montagem do FCM (nota 0.82 no conceito geral de segurança do trabalho), pode-se validar este trabalho, visto que a nota recebida pela empresa é semelhante a nota obtida através da pesquisa junto aos softwares, não sendo idênticas pois há uma margem de erro na qual as pesquisas apresentam portar.

Conclui-se também que este trabalho pode ser utilizado em diversas situações que envolvam mapas cognitivos *Fuzzy* de inúmeras áreas. Já que com essa informação, a empresa consegue abordar todas as áreas ou setores da mesma, afim de conseguir exercer uma mudança ou melhoria num determinado local, devido estas plataformas disponibilizar gráficos e resultados de cada parte individual.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica - **Manual do Programa de Eficiência Energética** - MPEE. Brasília. 2005.

ARAUJO, Djair Cesario Deent. **A Influencia Da Tecnologia Sobre Os Acidentes De Trabalho**. Porto Alegre - UFRGS, 1989. 108 p. Dissertação (mestrado): Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul. Faculdade De Ciências Econômicas. Programa De pós-graduação Em Administração, Porto Alegre.

AXELROD, R. **Structure of decision: the cognitive maps of political elites**. New Jersey: Princeton University Press, 1976.

CARDELLA, Benedito. **Segurança do Trabalho e Prevenção de Acidentes**. São Paulo: Atlas S.A., 1999.

CARVALHO, Daniel E. **Uma Contribuição Para a Elaboração de Mapas Estratégicos: um estudo da aplicação do método de análise e estruturação de modelos**. 2009, 148f. Dissertação de Mestrado em Administração. Universidade de São Paulo, 2009.

CHUN-MEI, L. Using *Fuzzy* cognitive map for system control. **WSEAS Transactions on Systems**, v. 7, n. 12, p. 1504-1515, Dec. 2008.

COUTO, Hudson de Araújo. **Ergonomia Aplicada ao Trabalho: manual técnico da máquina humana**. 1.ed. Belo Horizonte: Ergo, 1995.

CAVALCANTI J.H. et al.: **Lógica Fuzzy Aplicada às Engenharias**, João Pessoa PB, 2012.

Dickerson, J. A. and Kosko, B. **Virtual worlds as Fuzzy cognitive maps**. Presence, vol. 3, no. 2, pp. 173-189, 1994.

Dickerson, J. A. and Kosko, B. **Virtual worlds as Fuzzy dynamical systems**. In: SHEU, B. (Ed.) Technology for multimedia, New York: IEEE Press, 1996.

ELETROBRAS/PROCEL. **Relatório resultados PROCEL 2012** - ano base 2012.

GOMIDE, F.; GUDWIN, R.R. e TANSCHKEIT, R.: **Conceitos Fundamentais da Teoria de Conjuntos Fuzzy, Lógica Fuzzy e Aplicações**. Unicamp, 1995.

GOTOH, K. et al. **Application of Fuzzy cognitive maps to supporting for plant control**. PROCEEDINGS OF THE SICE JOINT SYMPOSIUM OF 15TH SYST. SYMPOSIUM AND 10TH KNOWLEDGE ENGINEERING SYMPOSIUM, 1989. p. 99–104.

HOMENDA, W.; Jastrzebska, A. and Pedrycz, W. **Modeling time series with fuzzy cognitive maps**. In Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), 2014 IEEE International Conference on, pp, 2055-2062, 6-11 July 2014.

INSTITUTO NACIONAL DO SEGURO SOCIAL (INSS). **Boletim Estatístico de Acidentes de Trabalho**. Brasília, 1998.

KOHAGURA, T.: **Lógica Fuzzy e Suas Aplicações**. 49p. Trabalho de Conclusão de Curso, UEL, Londrina, 2007.

KOSKO, Bart. **Fuzzy Cognitive Maps**. International Journal of Man-Machine Studies, 1986.

KOSKO, Bart. **Hidden patterns in combined and adaptive knowledge networks**, International Journal of Approximate Reasoning, Vol. 2, No. 2 pp. 377-393, 1998.

LEE, K. C. and LEE, S. **A cognitive map simulation approach to adjusting the design factors of the electronic commerce web sites**. Expert Systems with Applications, v. 24, n. 1, p. 1-11, Jan. 2003.

LIU, Z. Q.; SATUR, R. Contextual *Fuzzy* cognitive map for decision support in geographic information systems. **IEEE Transactions and Fuzzy Systems**, v. 7, p. 495–507, 1999.

PERUSICH, K. **Fuzzy cognitive maps for policy analysis**. IEEE Purdue University South Bend, 1996.

MENDONÇA, M.; Chrun, I. R.; Finocchio, M. A. F. e De Mello, E. E. **Mapas cognitivos fuzzy aplicados ao nível de satisfação discente de uma universidade**. In Revista IEEE América Latina, v. 13, 2015.

NEVES JUNIOR, F.; ARRUDA, L. V. R.; MENDONÇA, M. **A Combined FCM-GA approach to supervise industrial process**. IFAC-SAFEPROCESS - 3rd INTERNATIONAL CONFERENCE ON SAFETY AND SECURITY ENGINEERING, Barcelona, 2009.

PAPAGEORGIU, E., STYLIOS, C.; GROUMPOS, P. **Novel for supporting medical decision making of different data types based on Fuzzy Cognitive Map Framework**. PROCEEDINGS OF THE 29TH ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE EMBS CITÉ INTERNATIONALE, Lyon, France August 23-26, 2007.

PELAEZ, C. E.; BOWLES, J. B. **Using Fuzzy cognitive maps as a system model for failure models and effects analysis**. Information Sciences: Informatics and Computer Science Intelligent Systems Applications, v. 88, n. 1/4, p. 177–199, Jan. 1996.

PERUSICH, K. **Fuzzy cognitive maps for policy analysis**. IEEE PURDUE UNIVERSITY SOUTH BEND, IN 46634 USA. 1996.

SOUZA, Adilson Pereira et al. **Lógica Difusa**. ICPG – Instituto Catarinense de Pós-Graduação, ano desconhecido.

OLIVEIRA, Celso Luis de. **Prática da Qualidade da Segurança no trabalho: uma experiência brasileira**. 1. ed. São Paulo: LTr, 2001.

STYLIOS, C.D; GEORGOPOULOS V.C; GROUMPOS, P.P. **The use of fuzzy cognitive maps in Modeling Systems**. Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, 2000.

TABER, R. **Fuzzy cognitive maps model social systems**. AI Expert, v. 9, p. 18-23, 1994.

TANSCHKEIT, Ricardo. **Sistemas Fuzzy**. Disponível em: <<http://inf.ufsc.br>>. Acesso em: 17 de abril de 2018.

TSADIRAS, A.; KONSTANTINOS, G. M. Cognitive mapping and certainty neuron *Fuzzy* cognitive maps. **Information Science**, v. 101, n. 1-2, p. 109-130, Sep. 1997.

ZADEH, L. A.: **Fuzzy sets. Information and control**, v.8, p. 338-353, 1965.

ZIMMERMAN, H.J.: **Fuzzy Set Theory and its Applications**. Boston, Kluwer Academic Publishers, 1987.

ZOCCHIO, Álvaro. **Prática da Prevenção de Acidentes**. 7<sup>o</sup> ed. São Paulo: Atlas S.A., 2002.

## ANEXO I

### Script.

```
clear; close; clc
n = 25;
c1 = 0; c2 = c1; c3 = c1; c4 = c1; c5 = c1; c6 = c1; c7 = c1; c8 = c1;
c9 = c1; c10 = c1; c11 = c1; c12 = c1; c13 = c1; c14 = c1;
c15 = c1; c16 = c1; c17 = c1; c18 = c1; c19 = c1; c20 = c1; c21 = c1;
c22 = c1; c23 = c1; c24 = c1; c25 = c1;

% Conceitos:
% C1   Segurança do Trabalho
% C2   Meio Ambiente
% C3   Ergonomia
% C4   Saúde
% C5   Experiência Profissional
% C6   EPI e EPC
% C7   Materiais de Trabalho
% C8   Maquinários
% C9   Espaço
% C10  Estrutura
% C11  Conscientização
% C12  Equipamentos de Operação
% C13  Movimentos Corporais
% C14  Postura
% C15  Uso Correto
% C16  Uso Incorreto
% C17  Saúde Mental
% C18  Condicionamento Físico
% C19  Peso
% C20  Idade
% C21  Saúde Física
% C22  Tempo de Serviço
% C23  Qualificação
% C24  Capacidade
% C25  Treinamento

for k = 2:n

    x = c2(k-1)*(0.82) + c3(k-1)*(0.83) + c4(k-1)*(0.80) + c5(k-
1)*(0.90; %conceitos que influenciam no próximo
    c1(k) = 1/(1+exp(-x)); % função de ativação do conceito

    x = c7(k-1)*(0.85) + c8(k-1)*(0.89) + c9(k-1)*(0.77) + c10(k-
1)*(0.78);
    c2(k) = (1/(1+exp(-x)));

    x = c9(k-1)*(0.78) + c10(k-1)*(0.77) + c11(k-1)*(0.87) + c12(k-
1)*(0.78) + c13(k-1)*(0.93) + c14(k-1)*(0.85);
    c3(k) = (1/(1+exp(-x)));

    x = c17(k-1)*(0.85) + c18(k-1)*(0.79) + c19(k-1)*(0.71) + c20(k-
1)*(0.82) + c21(k-1)*(0.83);
    c4(k) = (1/(1+exp(-x)));

    x = c22(k-1)*(0.88) + c23(k-1)*(0.93) + c24(k-1)*(0.86) + c25(k-
1)*(0.95);
    c5(k) = (1/(1+exp(-x)));
```



```

x = c15(k-1) * (0.94) + c16(k-1) * (0.93);
c6(k) = (1 / (1 + exp(-x)));

x = 0;
c7(k) = (1 / (1 + exp(-x)));

x = 0;
c8(k) = (1 / (1 + exp(-x)));

x = 0;
c9(k) = (1 / (1 + exp(-x)));

x = 0;
c10(k) = (1 / (1 + exp(-x)));

x = 0;
c11(k) = (1 / (1 + exp(-x)));

x = 0;
c12(k) = (1 / (1 + exp(-x)));

x = 0;
c13(k) = (1 / (1 + exp(-x)));

x = 0;
c14(k) = (1 / (1 + exp(-x)));

x = 0;
c15(k) = (1 / (1 + exp(-x)));

x = 0;
c16(k) = (1 / (1 + exp(-x)));

x = 0;
c17(k) = (1 / (1 + exp(-x)));

x = 0;
c18(k) = (1 / (1 + exp(-x)));

x = 0;
c19(k) = (1 / (1 + exp(-x)));

x = 0;
c20(k) = (1 / (1 + exp(-x)));

x = 0;
c21(k) = (1 / (1 + exp(-x)));

x = 0;
c22(k) = (1 / (1 + exp(-x)));

x = 0;
c23(k) = (1 / (1 + exp(-x)));

x = 0;
c24(k) = (1 / (1 + exp(-x)));

x = 0;

```

```

c25(k) = (1/(1+exp(-x)));

end

c = [c1 c2 c3 c4 c5 c6 c7 c8 c9 c10 c11 c12 c13 c14 c15 c16 c17 c18
c19 c20 c21 c22 c23 c24 c25]; cx10 = c*1; % conceitos como notas de 0
a 1

xx = xlswrite('tabelac.xlsx', c);

figure
subplot(3,2,1)
plot(c1)
t1 = 'C1 = 0.9574';
text(9.9, cx10(end,1)+.5, t1, 'HorizontalAlignment', 'right')
xlabel('Segurança do Trabalho')
ylabel('Nota do Conceito 1')
grid on

subplot(3,2,2)
plot(c2)
t2 = 'C2 = 0.8382';
text(9.9, cx10(end,2)-0.3, t2, 'HorizontalAlignment', 'right')
xlabel('Meio Ambiente')
ylabel('Nota do Conceito 2')
grid on

subplot(3,2,3)
plot(c3)
t3 = 'C3 = 0.9234';
text(9.9, cx10(end,3)-0.5, t3, 'HorizontalAlignment', 'right')
xlabel('Ergonomia')
ylabel('Nota do Conceito 3')
grid on

subplot(3,2,4)
plot(c4)
t3 = 'C4 = 1.0';
text(9.9, cx10(end,4)-0.5, t3, 'HorizontalAlignment', 'right')
xlabel('Saúde')
ylabel('Nota do Conceito 4')
grid on

subplot(3,2,5)
plot(c5)
t3 = 'C5 = 0.8594';
text(9.9, cx10(end,5)-0.5, t3, 'HorizontalAlignment', 'right')
xlabel('Experiência Profissional')
ylabel('Nota do Conceito 5')
grid on

subplot(3,2,6)
plot(c6)
t3 = 'C6 = 0.7181';
text(9.9, cx10(end,6)-0.5, t3, 'HorizontalAlignment', 'right')
xlabel('EPI e EPC')
ylabel('Nota do Conceito 6')
grid on

```