

**Revista e-Tec**  
**03-2021**



*Edição V3 – ano 2021 – Londrina Paraná*

### *Corpo Editorial*

*Editor Chefe – Edição V3-2021  
Prof. Fábio Rodrigo Milanez*

### *Comitê Executivo*

*Prof.<sup>a</sup> Adriana G. Carvalho  
Prof. Antônio Carlos Rodrigues  
Prof. Aparecido S. Dos Santos  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Camila F. Oliveira  
Prof. Renato Kazuo Miyamoto  
Prof. Dr. Rodolfo A. Hildebrandt  
Prof. Dr. Vicente de Lima Gongora  
Prof. Wesley Candido da Silva*

*Editora: Faculdade de Tecnologia Senai Londrina  
ISSN: 2358-5528*

### *Direitos reservados*

*Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina  
Rua Belém, 844 – Londrina PR.  
43 -3294-5100 – [faculdade.londrina@sistemafiep.org.br](mailto:faculdade.londrina@sistemafiep.org.br)*

*Partes desta publicação poderão ser reproduzidas, sem a  
autorização prévia e escrita da Editora Faculdade de Tecnologia SENAI  
Londrina, desde que citada a fonte.*

*Este periódico publica nomes individuais, comerciais, marcas  
registradas e produtos pertencentes a diversas companhias. O Editor  
utiliza-se destes nomes somente para fins editoriais e em benefício dos  
proprietários dos nomes e marcas, sem intenção de atingir seus  
direitos. Observa-se ainda que os dados contidos nos artigos são de  
responsabilidade dos próprios autores.*

# e-TEC

Revista de  
Tecnologia e  
Ciência

## Prefacio

Observa-se durante as conversas acadêmicas, algumas abordagens com relação aos objetivos das “Jornadas de Aprendizagem” da Faculdade da Indústria SENAI Londrina. Pode-se afirmar que a disciplina “Jornada de Aprendizagem”, objetiva proporcionar relações interdisciplinares entre os temas abordados nas demais disciplinas do período letivo. Trata-se de um instrumento de integração entre ensino e prática profissional na medida em que proporciona contato com as demandas do mercado no que concerne aos diferentes temas da área de atuação do curso.

Além disso, incentivam e promovem a análise de situações-problema reais, com aplicação das estratégias em diferentes abordagens apresentadas nas aulas, junto às diferentes organizações, bem como indicar e propor soluções de demandas apresentadas.

Docentes e avaliadores, conhecem o elevado grau de complexidade, para se avaliar as competências comportamentais discente, em relação ao perfil do egresso; através da disciplina da “Jornada de aprendizagem” é possível avaliar este desempenho, pois a todo momento, durante as atividades, são exigidas competências tais como: planejar, gerenciar, organizar, controlar e otimizar processos.

Observando-se, que estas competências estão muito em evidência para quem deseja ingressar na nova era digital da indústria 4.0! Ou na moderna indústria; onde se valoriza a negociação e flexibilidade a aplicabilidade, criatividade e a inovação. Considera-se que após todo o percurso do projeto pedagógico na Faculdade da indústria SENAI Londrina o discente estará apto e pronto para atuar de forma confiante, neste inovador mercado.

Boa leitura e forte abraço, prof. Dr. Vicente Gongora

# Sumário

Capítulo I – Open-Tech: Procedimento de Melhoria no Cotidiano das Tarefas Acadêmicas da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina no Contexto do Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (ENADE). .....	4
Capítulo II - Metodologia para simulação da Lógica Fuzzy através do SCILAB SciFLTEditor.....	10
Capítulo III – Automação de Uma Lavadeira de Tecido Plano.....	28
Capítulo IV – Open Tech: Prática Experimental Sobre Ondas Estacionárias Realizada na Disciplina de Física Geral e Experimental na Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina.....	41

Capítulo I – Open-Tech: Procedimento de Melhoria no Cotidiano das Tarefas Acadêmicas da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina no Contexto do Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (ENADE).

Adriana Giseli Leite Carvalho<sup>1</sup>

Camila Fogaça de Oliveira<sup>2</sup>

Vicente de Lima Gongora<sup>3</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

As avaliações internas e externas (avaliações de curso, ENADE, entre outros) permitem a comparação dos resultados e a proposição de ações de melhoria. Descreve-se o efeito de ações de melhoria que porventura tenham sido implantadas como decorrência da avaliação feita durante o curso e se identificam dificuldades recorrentemente apontadas por alunos, docentes e equipes (PDI).

O procedimento de melhoria no cotidiano das tarefas acadêmicas da IES no contexto do exame nacional de desempenho de estudantes (ENADE) tem por objetivo geral possibilitar aos alunos e docentes dos cursos superiores conhecimentos substanciais sobre o ENADE, tendo em vista sua função como constituinte do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES). Visando atingir o objetivo geral, propõe-se:

- ✓ Conscientização dos discentes sobre a importância de sua participação em todas as etapas do ENADE, através da realização de prova de conhecimentos gerais e específicos;
- ✓ Motivar os discentes a consolidarem uma imagem positiva do curso, da IES e do seu perfil profissional;
- ✓ Disponibilizar subsídios teóricos e práticos (se necessário) para obtenção de um bom desempenho no exame.

---

<sup>1</sup> Especialização em Gestão da Produção. Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: [adriana.carvalho@sistemafiep.org.br](mailto:adriana.carvalho@sistemafiep.org.br)

<sup>2</sup> Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: [camila.oliveira@sistemafiep.org.br](mailto:camila.oliveira@sistemafiep.org.br)

<sup>3</sup> Doutorado em Engenharia Elétrica. Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: [vicente.gongora@sistemafiep.org.br](mailto:vicente.gongora@sistemafiep.org.br)

A Comissão Própria de Avaliação (CPA) vem contribuindo efetivamente através dos processos de Autoavaliação Institucional, que são realizadas sistematicamente para o fortalecimento das potencialidades da Instituição. Tendo por objetivo aferir o rendimento dos alunos dos cursos de graduação em relação aos conteúdos programáticos, o Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (ENADE) integra o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES), também avaliando as habilidades e competências necessárias ao aprofundamento da formação geral e profissional, e o nível de atualização dos estudantes com relação à realidade brasileira e mundial.

A Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina entende que toda e qualquer forma de avaliação institucional é propulsora para o desenvolvimento institucional. Através dos resultados obtidos pelo Programa de Avaliação Institucional, objetiva-se:

a) Impulsionar um processo criativo de autocrítica na Instituição, como evidência da vontade política para estar em consonância com a ação Institucional e as demandas científicas e sociais;

b) Conhecer como se realizam e como se inter-relacionam as tarefas acadêmicas na dimensão de ensino, extensão e gestão;

c) Restabelecer compromissos com a sociedade, explicitando as diretrizes de um projeto político-pedagógico que permita o constante reordenamento e consolidação das ações acadêmicas e técnico administrativo da Instituição;

d) Repensar objetivos, modos de atuação, e o uso dos resultados na perspectiva de uma Instituição formadora mais coerente com o momento histórico em que se insere;

e) Estudar e propor mudanças no cotidiano das tarefas acadêmicas do ensino e da extensão, contribuindo para a reelaboração de projetos e processos socialmente legitimados e relevantes para o contexto da Instituição.

Resultados obtidos nas avaliações do ENADE possibilitam traçar um panorama da qualidade dos cursos ofertados pela IES, os processos avaliativos são coordenados e supervisionados pela Comissão Nacional de Avaliação da Educação

Superior (CONAES). A operacionalização é de responsabilidade do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP).

É importante ressaltar que o ENADE é uma componente obrigatória a todos os cursos superiores de graduação, regulamentada pela Lei Lei nº 10.861, de 14/04/2004, Art. 5º “o ENADE é componente curricular obrigatório dos cursos de graduação, sendo inscrita no histórico escolar do estudante somente a sua situação regular com relação a essa obrigação, atestada pela sua efetiva participação ou, quando for o caso, dispensa oficial pelo Ministério da Educação, na forma estabelecida em regulamento.”

A Lei determina que a presença do aluno no exame é condição indispensável para a obtenção do diploma de conclusão do curso e do histórico escolar. De acordo com o Art. 33-E: O ENADE será realizado todos os anos, aplicando-se trienalmente a cada curso, de modo a abranger, com a maior amplitude possível, as formações objeto das Diretrizes Curriculares Nacionais, da legislação de regulamentação do exercício profissional e do Catálogo de Cursos Superiores de Tecnologia.

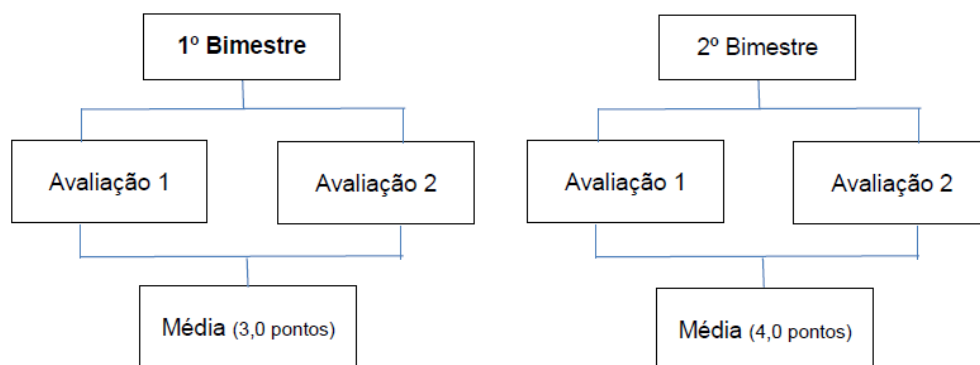
## **2. DESENVOLVIMENTO**

A Faculdade da indústria SENAI Londrina tem como um de seus princípios básicos a flexibilidade curricular em que se combinam conhecimentos e habilidades mediante programas que estejam constantemente adaptados às necessidades presentes e futuras da sociedade. Neste material será abordado uma metodologia implementada em 2018, baseada na conscientização sobre o que é o ENADE e sua importância, evidenciando sua repercussão junto aos discentes.

Faz parte das práticas pedagógicas dos docentes realizar atividades avaliativas nas diversas unidades curriculares conforme os cinco modelos de avaliação do ENADE, envolvendo a leitura, compreensão e interpretação de questões voltadas a conhecimentos básicos e específicos. Neste mesmo contexto, foi criado pela CPA um projeto nomeado “Avaliação Integradora de Conteúdos” de forma a evidenciar aos discentes conteúdos programáticos com base nos exames anteriores.

O projeto foi desenvolvido ao longo do ano letivo, além das aulas foram disponibilizados conteúdos adicionais no ambiente virtual de aprendizagem (AVA) com uma periodicidade mensal. As avaliações foram realizadas no primeiro e segundo bimestre de cada semestre letivo, o esquema a seguir demonstra na figura 01. A média obtida em cada semestre será convertida em pontos que serão inclusos na média bimestral de todas as disciplinas.

Figura 01: Planejamento das Avaliações



Fonte: CPA (2018)

O presente projeto que foi desenvolvido ao longo do período letivo de 2018 com enfoque no ENADE, salienta-se que é de grande importância explorar a Legislação vigente para o ENADE, através dos seguintes meios:

- Lei nº 10.861, de 14 de abril de 2004;
- Portaria nº 2.051, de 9 de julho de 2004;
- Portaria Normativa nº 40, de 12 de dezembro de 2007;
- Diretrizes e manual do ENADE;
- Informações disponíveis em <http://portal.inep.gov.br/enade> , <http://enade.inep.gov.br> ou <http://www.inep.gov.br>.

Foram participantes deste projeto piloto as turmas dos 4º e 5º dos cursos de Tecnologia em Manutenção Industrial e Fabricação Mecânica, nos quais tiveram acompanhamento da coordenação da CPA, coordenação pedagógica, coordenação de curso e professores das disciplinas disponibilizando ferramentas auxiliares e aulas extracurriculares visando uma preparação do discente.

O planejamento contou com um cronograma de provas, sendo 4 avaliações durante o semestre que implicará de 0 a 20 pontos na média bimestral de todas as disciplinas cursadas no período, obedecendo o cronograma a seguir:

	<b>Avaliação</b>	<b>Quantidade Questões</b>	<b>Pontuação Máxima</b>
1º Bimestre	Diagnóstica e resgate dos conteúdos anteriores. (50% mecânica, 25% Elétrica e 25% Conhecimento Científico)	80	7,0 a 7,5 = 1,0 média 7,6 a 8,9 = 2,0 média 9,0 a 10 = 3,0 média
2º Bimestre	Aprofundamento (50% mecânica, 25% Elétrica e 25% Conhecimento Científico)	10	7,0 a 7,5 = 2,0 média 7,6 a 8,9 = 3,0 média 9,0 a 10 = 4,0 média
	Nivelamento (50% mecânica, 25% Elétrica e 25% Conhecimento Científico)	10	
	Aprofundamento (50% mecânica, 25% Elétrica e 25% Conhecimento Científico)	10	
	Superação (50% mecânica, 25% Elétrica e 25% Conhecimento Científico)	10	

Este cronograma foi elaborado pela Comissão da CPA e coordenação de curso, passou por análise, discussão, adequação e aprovação do Núcleo Docente Estruturante (NDE) e Colegiado de Curso. Com incentivo aos discentes, a média obtida em cada semestre foi convertida em pontos que foram inclusos na média bimestral das disciplinas.

### 3. ANÁLISES E CONCLUSÃO

A inserção da CPA na Instituição proporciona e motiva projetar novos processos avaliativos e de diagnóstico para os próximos anos, visando atender as normas do SINAES, buscando criar novas ações de melhorias.

Os resultados obtidos foram considerados exitosos, oportunizando aos discentes rever conteúdos importantes das disciplinas do curso e aos docentes melhorar o desenvolvimento de suas atividades. Um dos objetivos do SINAES é a melhoria contínua da qualidade no ensino, o docente é elemento chave neste processo.

Todos os participantes tiveram momentos de tirar dúvidas sobre as questões das provas, todos tiveram retorno sobre seu desempenho. Os resultados das provas aplicadas foram analisados e os resultados divulgados através do Informativo Mensal da CPA. Das variáveis analisadas conjuntamente, observou-se a iniciativa dos discentes em buscar o conhecimento e também a melhorar os hábitos em seus estudos. Infere-se que o método aplicado nesta pesquisa pode ser estendido para outros cursos.

## REFERÊNCIAS

Lei nº 10.861 de 14 de abril de 2004, que institui o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior - SINAES

PIMENTA, Selma Garrido; ANASTASIOU, Lea das Graças Camargos; CAVALLET, Valdo José. Docência no Ensino Superior: construindo caminhos. In: BARBOSA, Raquel Lazzari Leite (org.). **Formação de educadores: desafios e perspectivas**. São Paulo: Editora UNESP, 2002.

Portaria nº 2.051 de 09 de julho de 2004, que regulamenta os procedimentos de avaliação do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior - SINAES.

Portaria nº 107 de 22 de julho de 2004, que dispõe sobre a inscrição de alunos no Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes - Enade.

## Capítulo II - Metodologia para simulação da Lógica Fuzzy através do SCILAB SciFLTEditor

Fábio Sampaio<sup>4</sup>  
Matheus Cuenca<sup>5</sup>  
Ruan Rodrigues<sup>6</sup>  
Prof. Esp. Wesley Candido da Silva<sup>7</sup>

### RESUMO

Para classificar uma comida, é usual utilizar-se de adjetivos como “péssimo, digestível, deliciosa, boa ou muito boa”; de maneira geral para comunicar a impressão sobre as coisas, mas em sistemas inteligentes, precisamos transformar esses conceitos em uma escala, para que se possa aplicar funções de pertinência, geralmente em números reais, e com isso, pode-se perder informações importantes, que estão embutidas nesses adjetivos. Este artigo tem como premissa principal, contribuir para comunidade acadêmica e egressos com conhecimentos matemáticos, científicos e tecnológicos aplicados à engenharia, fazendo uso do de uma metodologia para simulação da lógica *Fuzzy* através do software “*Scilab*” e sua extensão “*sciFLT*”, utilizando como exemplo a definição do valor de uma gorjeta, tendo como base a nota atribuída pelo cliente em relação a qualidade da comida e a qualidade dos serviços prestados.

**Palavras-chave:** Lógica Fuzzy. Scilab. sciFLT.

---

<sup>4</sup> Graduando – Engenharia Elétrica, da Faculdade de Tecnologia do Senai Londrina.

<sup>5</sup> Graduando – Engenharia Elétrica, da Faculdade de Tecnologia do Senai Londrina.

<sup>6</sup> Graduando – Engenharia Elétrica, da Faculdade de Tecnologia do Senai Londrina.

<sup>7</sup> Docente da Faculdade da Indústria SENAI Londrina. E-mail: wesley.candido@sistemafiep.org.br

## ABSTRACT

To classify a food, it is very common to use adjectives like “awful, edible, delicious”, this is used in general to communicate our impression of things, but in intelligent systems, we need to transform these concepts into numbers, to apply functions of classification. pertinence, usually in real numbers, and with that, we end up losing important information, which is embedded in these adjectives. This article's main premise is to contribute to the academic community and graduates mathematical, scientific and technological knowledge applied to engineering, making use of a methodology for simulating Fuzzy logic through the software "Scilab" and its extension "sciFLT", using as an example the definition of the value of a tip, based on the grade given by the customer in relation to the quality of the food and the quality of the services provided.

**Keywords:** Logic Fuzzy. Scilab. sciFLT.

## 1. INTRODUÇÃO

A lógica Difusa ou *Fuzzy*; proposta em 1965 por **Lofti Zadeh** a partir da Teoria dos Conjuntos Difusos, a Lógica Difusa preenche uma lacuna entre a comunicação humana e os sistemas computacionais.

Com esta lógica pode-se através das funções de pertinência, conseguimos mensurar em valores a esses adjetivos. Sendo assim, podemos modelar o nosso sistema através dos adjetivos, também conhecida como difusa ou nebulosa. tem por objetivo modelar modos de raciocínio aproximados ao invés de precisos, trazendo a inteligência humana para a arquitetura computacional.

Na lógica computacional (binário) as proposições são unicamente “verdadeiras” ou “falsas”, diferente da lógica Difusa onde as proposições podem ter valores intermediários entre “verdadeiro” e “falso”, ou seja, a veracidade dessas pode assumir

qualquer valor entre 0 e 1, considerando que as sentenças passam a ter um grau de pertinência.

A lógica *Fuzzy* por sua vez, visa modelar modos de raciocínio imprecisos, tendo os casos precisos como situações limite. No mundo real, os problemas muitas vezes não conseguem ser representados pela lógica clássica, tendo em vista que os critérios de pertinência são apenas “pertence” ou “não pertence”, ou seja, um elemento não pode pertencer parcialmente a um conjunto, da mesma forma que um conjunto não pode estar parcialmente contido em outro.

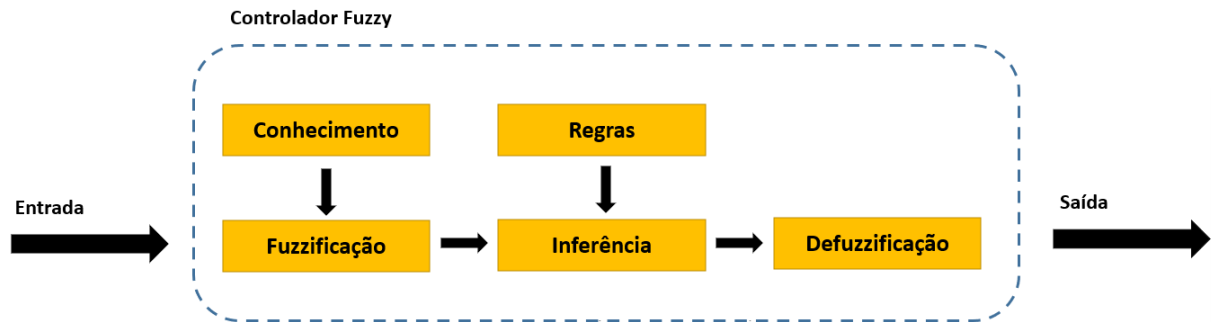
O grau de pertinência na lógica *Fuzzy* possibilita uma transição gradual da falsidade para a verdade, nos permitindo representar valores imprecisos. Muitas vezes é utilizado uma discretização dos possíveis valores para um domínio lógico de múltiplos valores, por exemplo: [0 - 0,5 - 1] para valores que indiquem “Falso”, “Talvez Verdadeiro” e “Verdadeiro” respectivamente, dessa forma a lógica Difusa nos ajuda a modelar modos de raciocínios imprecisos, tendo os casos precisos como situações limites.

“As pessoas funcionam de modo “vago”, ao invés de no modo “verdadeiro ou falso”. - Conceito de Charles Sanders Peirce em 1870.

## 2. METODOLOGIA

A fuzzificação está relacionada ao conhecimento do seu processo, nesta etapa, se faz necessário a conversão dos valores de entrada (sensores, grandezas físicas, condições de um processo) em variáveis linguísticas. Passando para a próxima etapa, de inferência, onde relaciona as regras de decisão com as nossas entradas e saídas da nossa lógica. A *Defuzzificação* é o processo para conversão dos resultados obtidos em resultados nítidos. A figura 1, mostra um fluxograma da lógica *Fuzzy*.

Figura 1 – Logica *Fuzzy*



Fonte: Dos Autores.

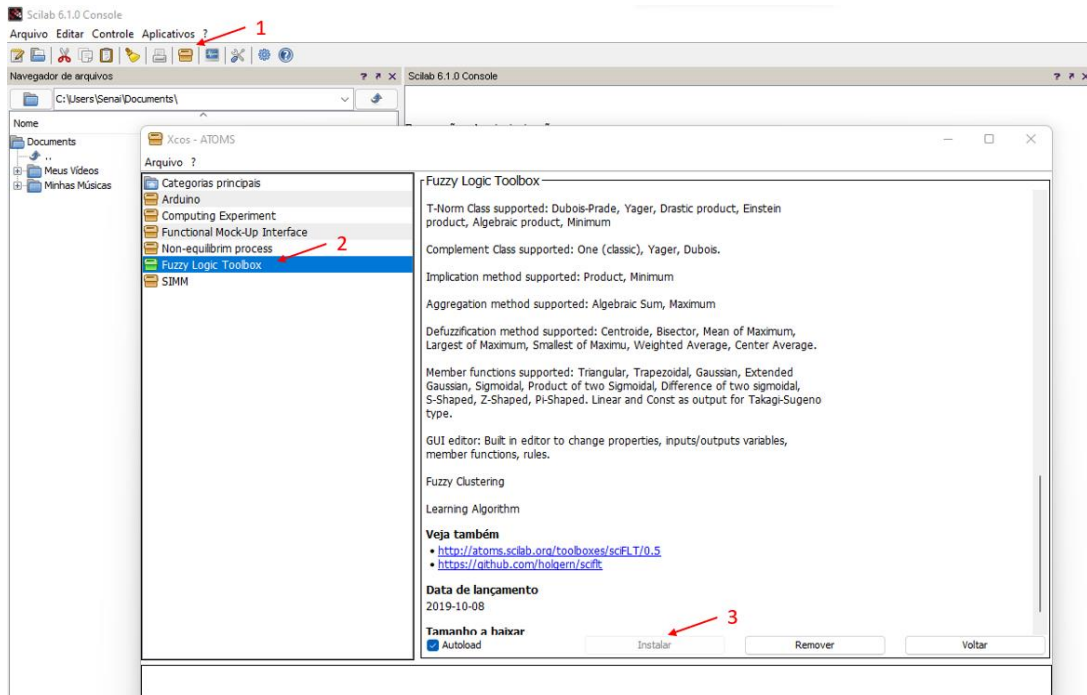
Para explanação do algoritmo envolvendo a lógica *Fuzzy*, será usado um problema no qual consiste em definir o valor da gorjeta em um restaurante com base na qualidade do serviço prestado e da comida, para o processamento do algoritmo será utilizado a ferramenta computacional *Scilab*<sup>8</sup>; que por sua vez é um software gratuito, de código aberto e multiplataforma orientado à computação científica. O *Scilab* possibilita a manipulação de matrizes de maneira simples e direta, permitindo a resolução de problemas difíceis aplicando métodos numéricos.

Após a instalação do software, se faz necessário configurar a ferramenta computacional para trabalhar com a lógica *Fuzzy*, para isso uma extensão do programa deverá ser acrescentada.

Na figura 2, são indicados três passos, é referente ao acesso do gerenciador de módulos - *ATOMS*, após o acesso ao gerenciador de módulos, localizar a extensão *Fuzzy Logic Toolbox* e por fim instalar a extensão *SciFLTEditor*.

Figura 2 – Instalação da extensão *SciFLTEditor*

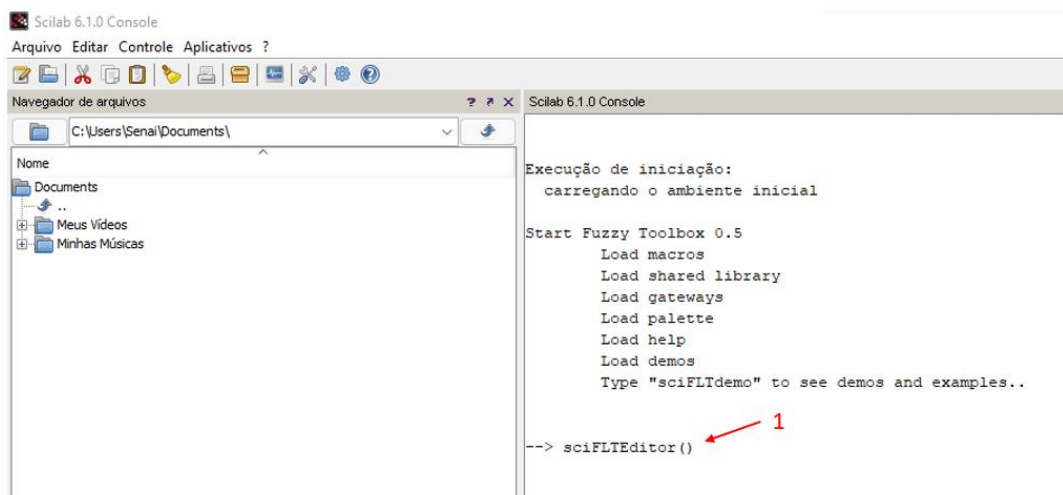
<sup>8</sup> Disponível em: <https://www.scilab.org/>



Fonte: Dos Autores.

Com a extensão instalada, é necessário iniciar o *SciFLTEditor*, para isso no console de script do *Scilab*, executar o comando conforme indicado na figura 3, dessa forma será habilitada a extensão *SciFLTEditor*.

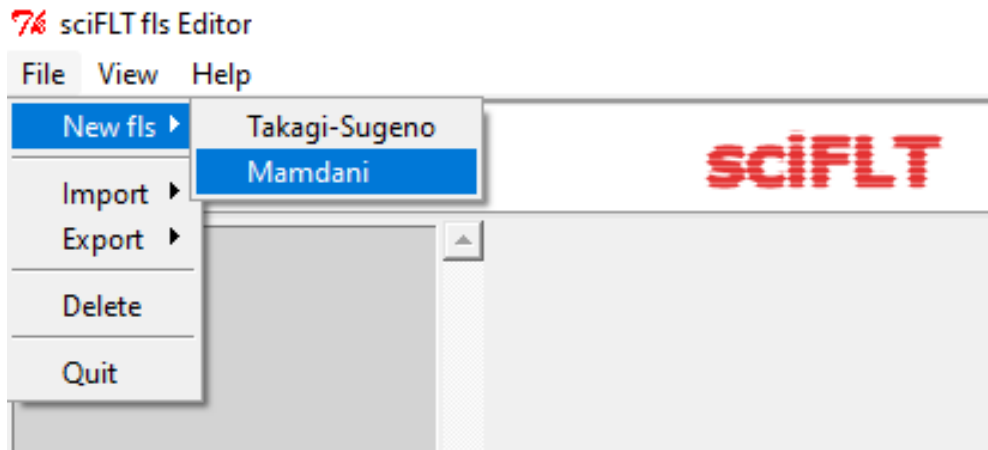
Figura 3 – Abrindo a extensão *SciFLTEditor*



Fonte: Dos Autores.

Com a extensão *SciFLTEditor* aberta, é necessário iniciar um novo projeto (*new fls*) conforme indicado na figura 4.

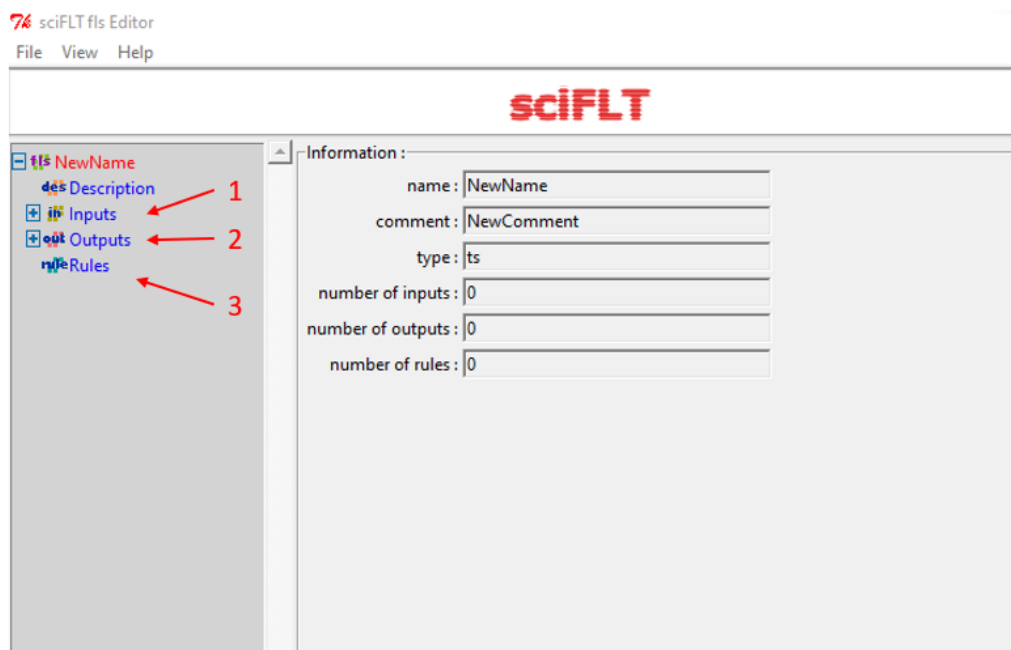
Figura 4 – Novo projeto



Fonte: Dos Autores.

Com o projeto aberto, se faz necessário definir os parâmetros de entradas, saídas, regras de inferência e funções de pertinência, indicado na figura 5.

Figura 5 – Informações do projeto



Fonte: Dos Autores.

## 2.1. Entradas

Uma das etapas da lógica *Fuzzy* e o processo de Fuzzificação, que consiste transformar as entradas do sistema em uma variável linguística, correlacionando as entradas a um conjunto de valores, a figura 6 indica o passo necessário para adicionar variáveis de entradas.

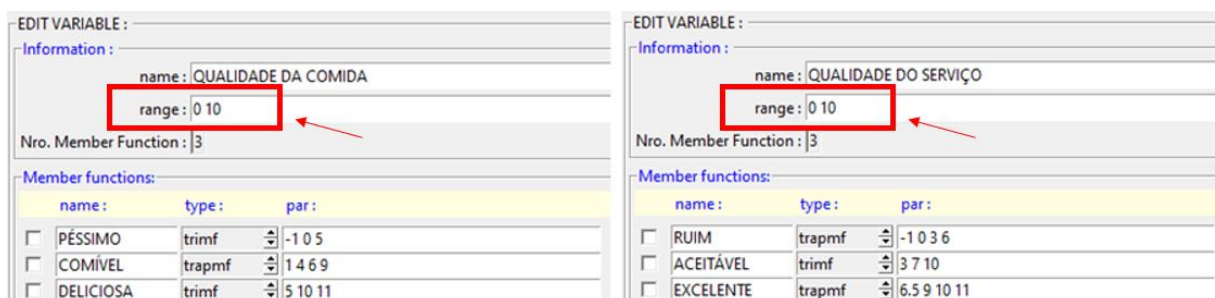
Figura 6 – Adicionando entradas



Fonte: Dos Autores.

Para cada entrada é necessário configurar o parâmetro do range de atuação, composto por um intervalo de valores nítidos, dessa forma podemos mensurar as entradas “*qualidade de comida*” e “*qualidade do serviço*” em um range de 0 a 10.

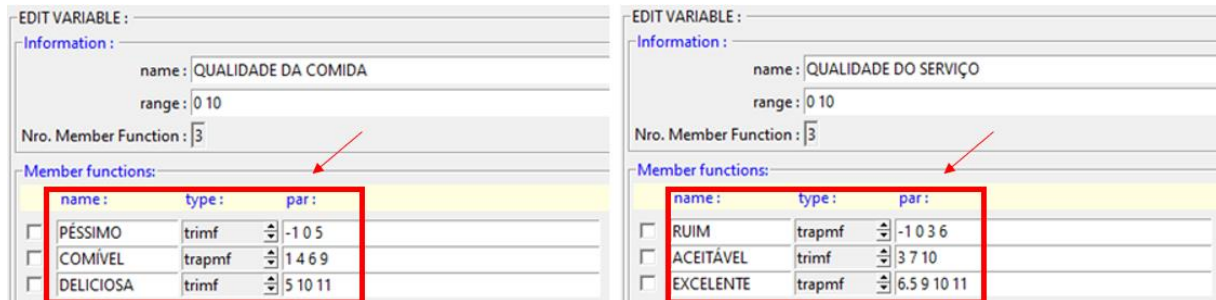
Figura 7 – Intervalo de valores nítidos



Fonte: Dos Autores.

A partir de uma base de conhecimento do problema proposto, para cada entrada criada é atribuído um subconjunto, denominado *conjunto difuso*, tendo como parâmetro, o range de atuação e a função de pertinência, apresentado na figura 8.

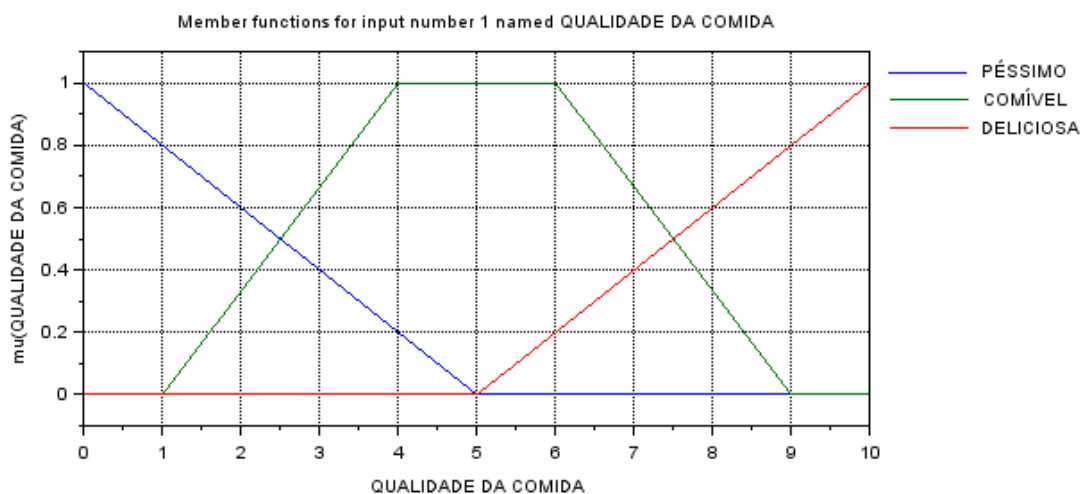
Figura 8 – Intervalo de valores conjunto difuso



Fonte: Dos Autores.

É possível observar que na entrada “*qualidade de comida*” foi criado três subconjuntos denominado “péssimo”, “comível” e “deliciosa”, sendo atribuído a cada conjunto difuso uma função de pertinência *trimf* (função triangular) e *trapmf* (função trapezoidal). Para cada função de pertinência é determinado um conjunto de valores no qual mensuramos seu grau de contribuição; e quantidade de pontos a serem inseridos no subconjunto, por exemplo uma função triangular são necessários três pontos enquanto a trapezoidal contempla quatro pontos.

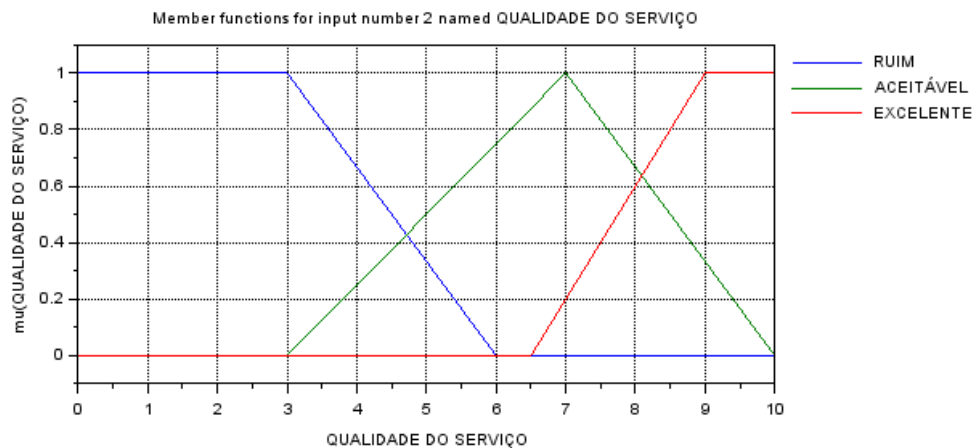
Figura 9 – Conjunto difuso “qualidade da comida”



Fonte: Dos Autores.

No eixo x do gráfico da figura 9 apresenta o range [0 a 10] da entrada “qualidade da comida”, já no eixo y temos o grau de pertinência da função, que compreende o range de [0 a 1], O mesmo contexto é aplicado para a entrada “qualidade de serviço” conforme a figura 10.

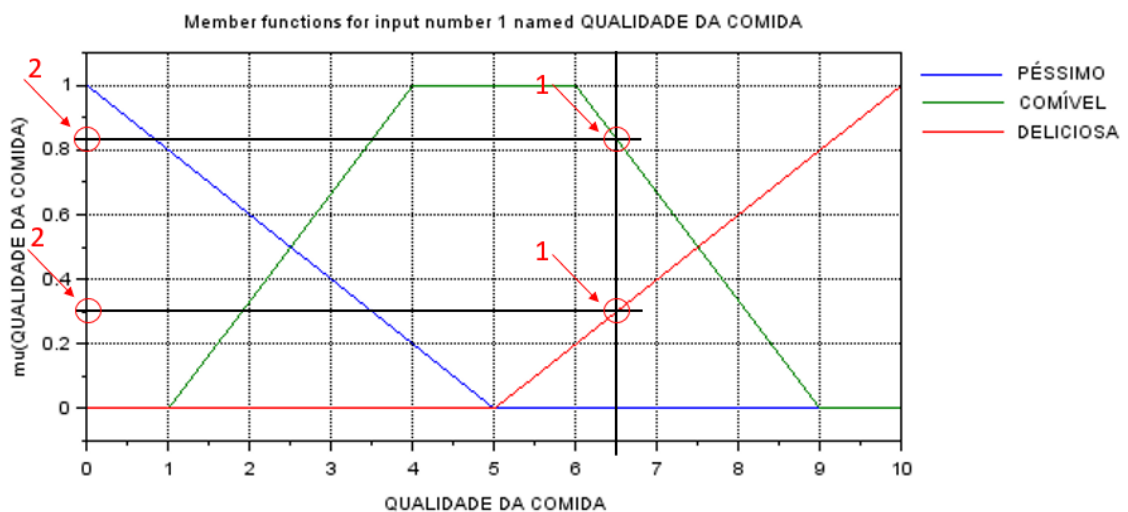
Figura 10 – Conjunto difuso “qualidade do serviço”



Fonte: Dos Autores.

Para elucidarmos o contexto do conjunto difuso, usamos a entrada “qualidade de comida” como exemplo; foi traçada uma reta no instante 6,5 no qual cruzou as funções de pertinência trapezoidal “comível” e a triangular “deliciosa”, rebatendo o cruzamento para o eixo y é possível notar o grau de pertinência que cada função terá, conforme apresentado na figura 11.

Figura 11 – Instante 6,5 do conjunto difuso “qualidade da comida”



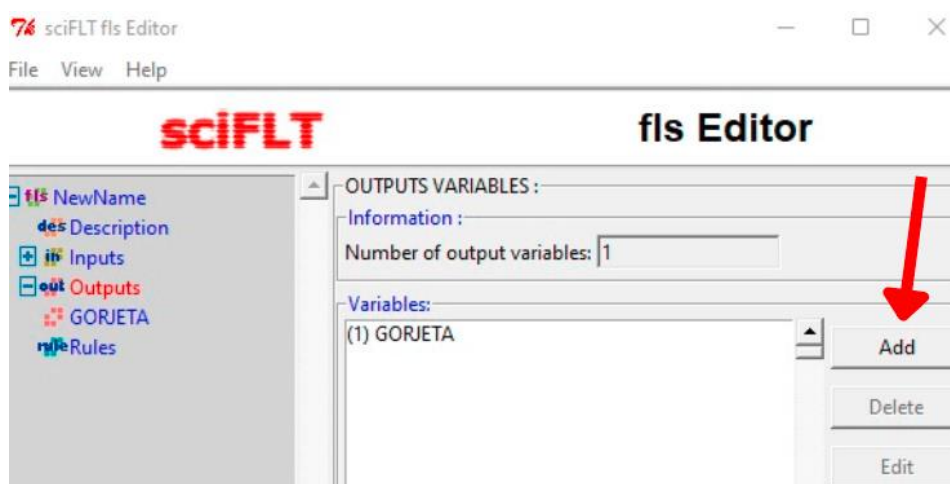
Fonte: Dos Autores.

Dessa forma observamos que para uma nota de 6,5 temos uma contribuição dos conjuntos difusos “*comível*” e “*deliciosa*”, sendo que o grau de pertinência de “*comível*” é em torno de 85%, enquanto “*deliciosa*” é 30%, os graus de pertinência obtidos irão refletir na minha saída para o processo de *Defuzzificação*.

## 2.2. Saída

Com as entradas configuradas no *SciFLTEditor*, é necessário definirmos uma saída, para isso inicialmente devemos adicionar *outputs variables*, de acordo com a figura 12.

Figura 12 – Adicionando variáveis de saída no SciFLTEditor



Fonte: Dos Autores

A variável linguística “*gorjeta*” foi criada, o conjunto do valor de saída abrange [0 a 25], no qual se refere ao valor monetário da gorjeta. Para os subconjuntos difuso da saída foi determinado como “*alta*”, “*média*” e “*baixa*”, com a função de pertinência do tipo triangular *trimf*.

Figura 13 – Parâmetros da variável de saída do SciFLTEditor

EDIT VARIABLE :

Information :

name : GORJETA

range : 0 25

Nro. Member Function : 3

Member functions:

name :	type :	par :
<input type="checkbox"/> BAIXA	trimf	-1 0 12.5
<input type="checkbox"/> MÉDIA	trimf	0 12.5 25
<input type="checkbox"/> ALTA	trimf	12.5 25 26

Variável linguística da saída.

Range da saída.

Função de pertinência triangular.

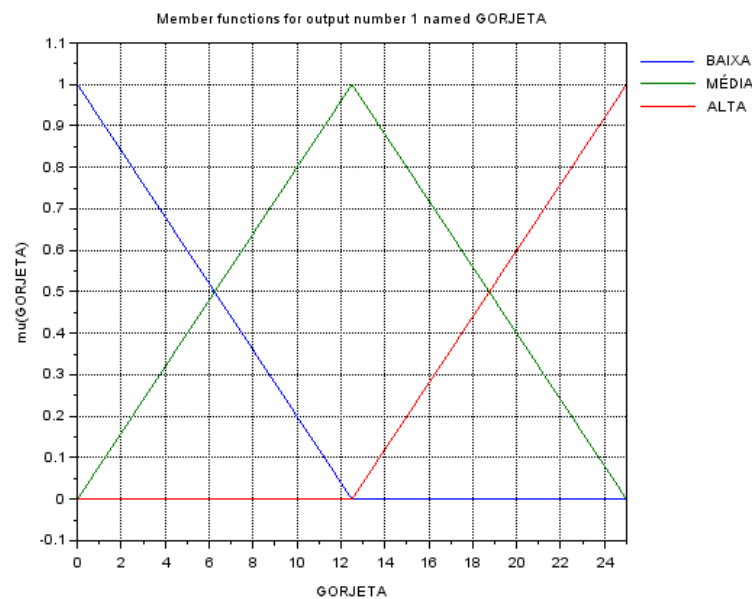
Subconjunto difuso.

Variável linguística do subconjunto difuso.

Fonte: Dos Autores.

No gráfico da figura 14 temos plotado a variável de saída, conforme parâmetros apresentados na figura 13, no processo de *Defuzzificação*, a saída irá obedecer a estratégia denominada *Centroide*<sup>9</sup>.

Figura 14 – Gráfico da variável de saída do SciFLTEditor



<sup>9</sup> Centroide é o ponto associado a uma forma geométrica no qual representa o centro da massa.

Fonte: Dos Autores.

### 2.3. Regras de decisão

Para correlacionar as entradas com a saída, regras são necessárias. A figura 14 nos indica dois passos, o primeiro deles é necessário para definir as regras de decisão, e por fim, adicionamos a regra para que seja aplicada na lógica *Fuzzy*.

Figura 14 – Gráfico da variável de saída do SciFLTEditor



Fonte: Dos Autores.

As regras estão relacionadas a algo específico do seu problema. Se uma determinada ação for correspondida, a saída estará de acordo com a sua regra criada para ela. Com base na nossa análise do problema, definimos as seguintes regras de decisão:

Regra 1: **SE** o serviço for excelente **E** a comida estava deliciosa **ENTÃO** a gorjeta deve ser alta.

Regra 2: **SE** o serviço for aceitável **ENTÃO** a gorjeta deve ser média.

Regra 3: **SE** o serviço for ruim **OU** a comida estava comível **ENTÃO** a gorjeta deve ser baixa.

Regra 4: **SE** o serviço for excelente **E** a comida estava péssima **ENTÃO** a gorjeta deve ser média.

O modelo pode contemplar a quantidade de regras necessária para se aproximar da base de conhecimento existente do problema. A figura 15 representa na extensão *SciFLTEditor*, as regras de decisão citadas acima.

Figura 15 – Regras da Lógica Fuzzy

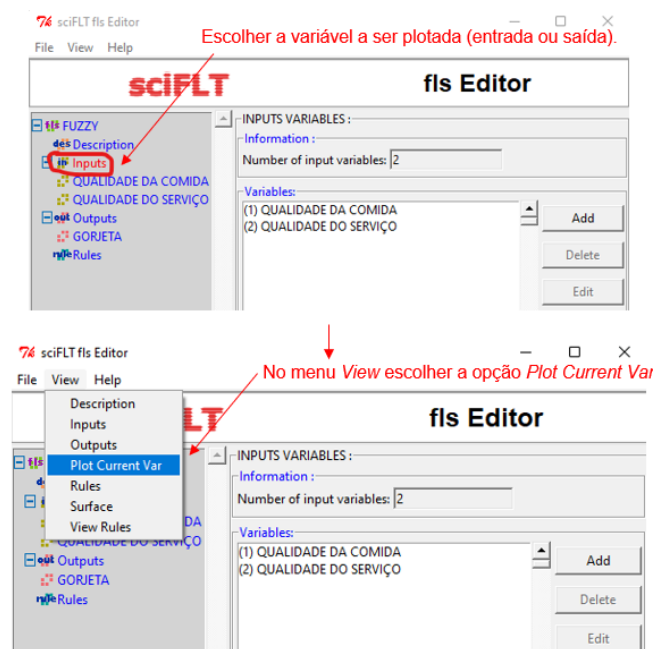
```

RULE EDITOR
R1: IF {QUALIDADE DA COMIDA IS DELICIOSA} AND {QUALIDADE DO SERVIÇO IS EXCELENTE} THEN {GORJETA IS ALTA} weighth=1.0
R2: IF {QUALIDADE DO SERVIÇO IS ACEITÁVEL} THEN {GORJETA IS MÉDIA} weighth=1.0
R3: IF {QUALIDADE DA COMIDA IS COMÍVEL} OR {QUALIDADE DO SERVIÇO IS RUIM } THEN {GORJETA IS BAIXA} weighth=1.0
R4: IF {QUALIDADE DA COMIDA IS PÉSSIMO} AND {QUALIDADE DO SERVIÇO IS EXCELENTE} THEN {GORJETA IS MÉDIA} weighth=1.0
    
```

Fonte: Dos Autores.

Ao longo do artigo foram apresentados diversos gráficos que representam as variáveis de entrada e saída. Para fazer essa plotagem, se faz necessário selecionar a variável e em seguida acessar a ferramenta *Plot Current Var*, a figura 16 mostra os passos necessários.

Figura 16 – Plotagem de gráficos

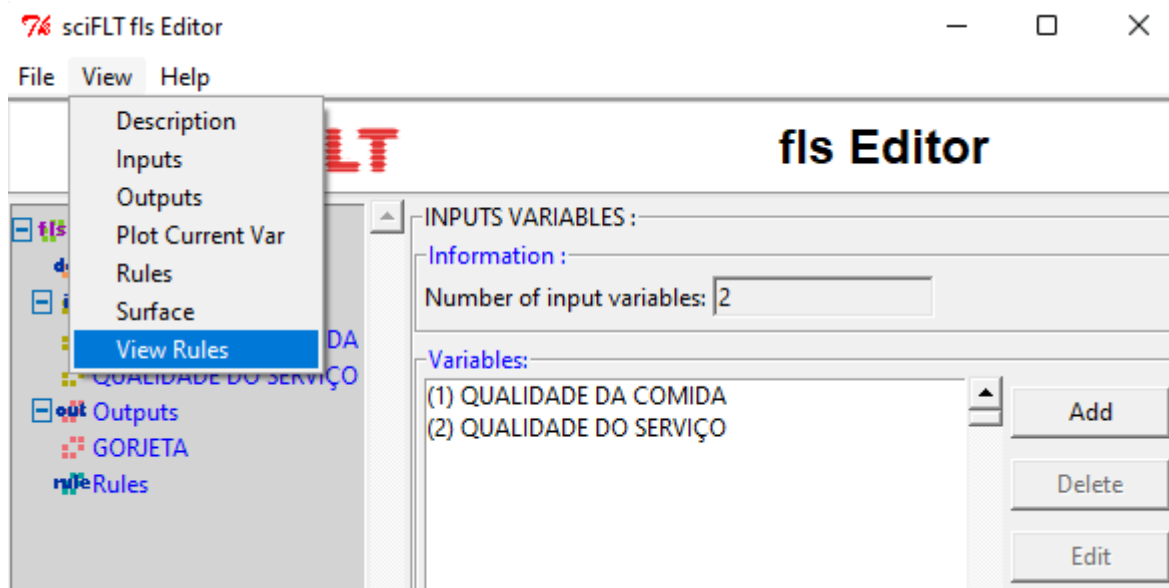


Fonte: Dos Autores.

### 3. Resultados

Com a definição dos parâmetros das entradas, saídas e regras; o próximo passo é analisar a saída, para isso deve ser acessada a ferramenta *View Rules*, conforme figura 17, para essa simulação, se faz necessário estar selecionado a variável “*Inputs*”.

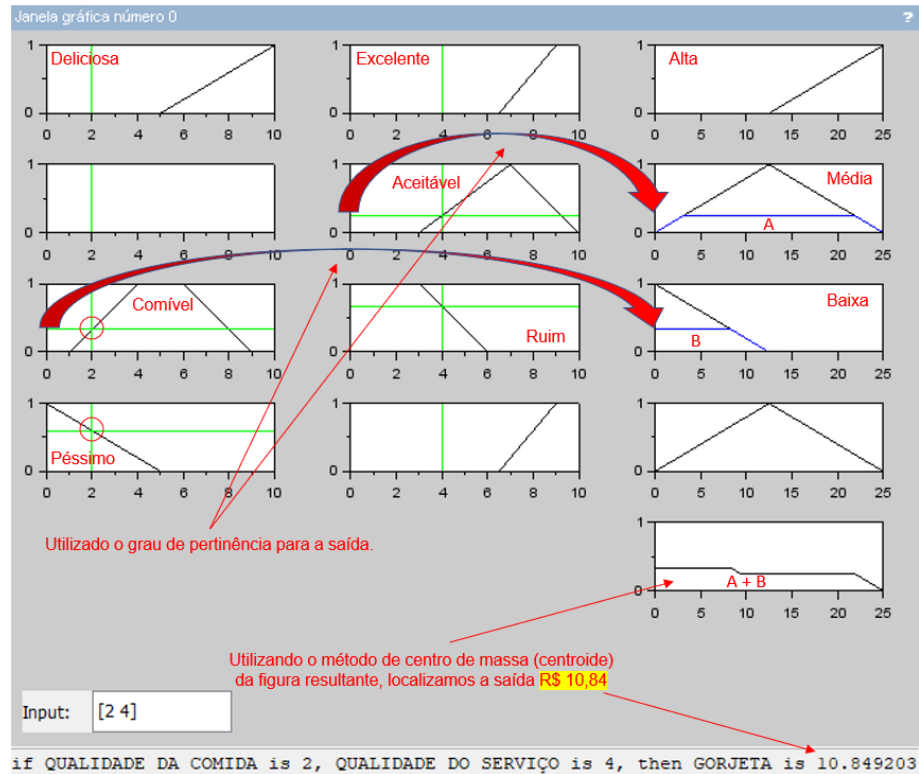
Figura 17 – Plotagem da resposta



Fonte: Dos Autores.

Ao acessar a ferramenta *View Rules*, temos a resposta apresentada na figura 18, foi atribuído às entradas os valores das notas, sendo 2 para a *qualidade da comida* e 4 para a *qualidade do serviço*, a figura 18 mostra todas as relações de entrada e saída, de acordo com a lógica *fuzzy*.

Figura 18 – Relações de entrada e saída



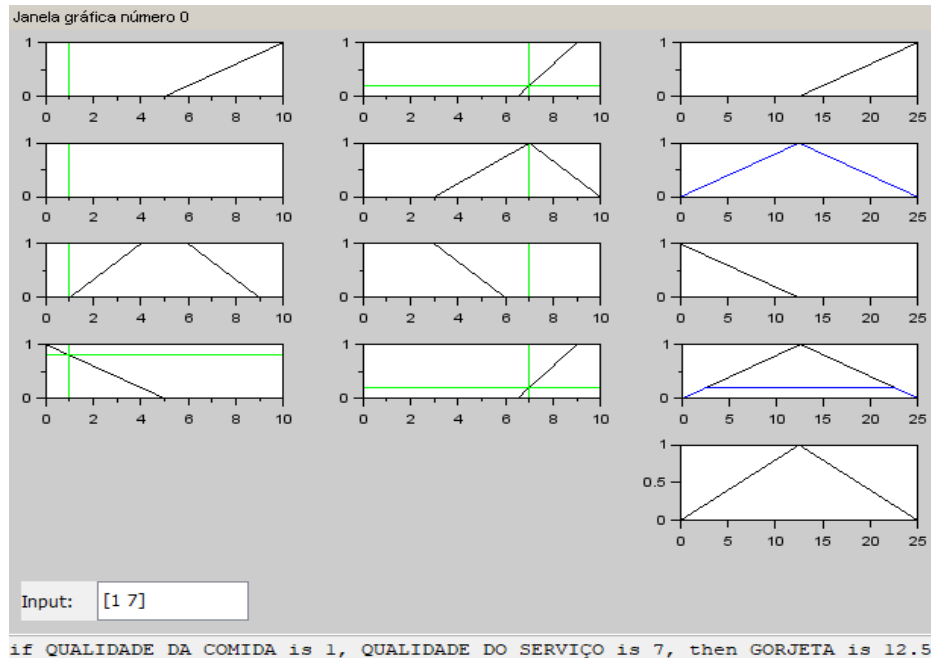
Fonte: Dos Autores.

Conforme apresentado na figura 18, a qualidade da comida está sendo avaliada em duas variáveis diferentes (Péssimo e Comível), toda via, a saída analisa os graus de pertinências das variáveis e se comporta de acordo com o grau de pertinência mais influente, o mesmo se aplica para a qualidade do serviço.

Com base nessas informações, a gorjeta se mostra proporcional a relação das entradas, e faz uso do método de centro de massa para definir o valor final, conforme apresentado na figura, sendo assim, temos um valor atribuído na saída de R\$ 10,84.

Para uma resposta em que a qualidade da comida recebe uma nota 1 e a qualidade do serviço uma nota 7. Nesta situação, existe a aplicação de umas das regras feitas. A figura 19 mostra todas as relações de entradas e saída.

Figura 19 – Relações de entrada e saída



Fonte: Dos Autores.

Mesmo com os graus de pertinências existentes, a aplicação se baseou em uma das regras, na qual diz que se a qualidade do serviço for “aceitável”, a gorjeta deverá ser média, tendo seu valor aplicado em R\$ 12,50

Foram realizadas diversas simulações no software, a fim de validar as possibilidades do cotidiano. A tabela 1 contempla os valores das entradas e os respectivos resultado da saída, sendo possível observar a coerência entre os valores.

Tabela 1 – Simulações.

Qualidade da comida	Qualidade do serviço	Gorjeta (R\$)
1	1	4,08
4	4	8,39
3	6	10,68
3	7	10,77
6	8	10,38
8	7	12,12
5	6	10,22
9	10	20,76
10	8	14,2

Fonte: Dos Autores.

## 4. CONCLUSÃO

A Lógica *Fuzzy* permite aos sistemas computacionais inteligentes “raciocinar” considerando aspectos inerentes à incerteza e aos processos realísticos e torná-lo mais “humano”. A principal vantagem de utilizar a Lógica *Fuzzy* deve-se a sua capacidade de lidar com incertezas, raciocínio aproximado e termos vagos, o que não é possível de se fazer com as lógicas clássicas.

O raciocínio humano envolve todos esses elementos tratados pela Lógica *Fuzzy*, por isso ela tem uma grande importância no contexto da Inteligência Artificial, que procura representar o raciocínio e o conhecimento humano da forma mais realística possível.

No problema de classificação de Comida usado como exemplo, após fazer as simulações utilizando a extensão SCIFLT do software *SCILAB* e analisando os gráficos obtidos, ficou fácil saber qual seria o valor adequado da gorjeta a ser paga levando em consideração a qualidade do serviço e da comida. É avaliado para trabalhos futuros a utilização da lógica fuzzy para controle de processos industriais.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENEVIDES, Mário. **Introdução Motivação e Conjuntos Fuzzy**.

Disponível em: <https://www.cos.ufri.br/~mario/logica/logicaFuzzy.pdf>.

Acesso em: 28/01/2021.

TEDESCO, Patricia. GERMANO, Vasconcelos. **Logica Difusa Fuzzy**.

Disponível em: <https://www.cin.ufpe.br/~if684/EC/aulas/Aula-logica-Fuzzy-SI.pdf>

Acesso em: 30/03/2021.

TANSCHHEIT, Ricardo. **Sistema Fuzzy**.

Disponível em: <http://www.inf.ufsc.br/~mauro.roisenberg/ine5377/Cursos-ICA/LN-Sistemas%20Fuzzy.pdf>

Acesso em: 25/03/2021.

RIGNEL, Diego G. De Sousa; CHENCI, Gabriel Pupin; LUCAS, Carlos Alberto.

**Uma Introdução A Lógica Fuzzy**.

Disponível em: [http://www.logicafuzzy.com.br/wp-content/uploads/2013/04/uma\\_introducao\\_a\\_logica\\_fuzzy.pdf](http://www.logicafuzzy.com.br/wp-content/uploads/2013/04/uma_introducao_a_logica_fuzzy.pdf)

Acesso em: 19/04/2021

GOMIDE, Fernando A. Campos; GUDWIN, Ricardo Ribeiro. **Modelagem, Controle, Sistemas E Lógica Fuzzy.**

Disponível em: <https://www.sba.org.br/revista/volumes/v4n3/v4n3a02.pdf>

Acesso em: 19/04/2021.

TEDESCO, Patrícia; VASCONCELOS, Germano. **Lógica Difusa (Fuzzy).**

Disponível em: <https://www.cin.ufpe.br/~if684/EC/aulas/Aula-logica-fuzzy-SI.pdf>

Acesso em: 19/04/2021.

## Capítulo III – Automação de Uma Lavadeira de Tecido Plano.

Rodrigo Vermoehlen <sup>10</sup>

Rodolfo Alexandre Hildebrandt <sup>11</sup>

Vicente de Lima Gongora <sup>12</sup>

Wesley Candido Da Silva<sup>13</sup>

### RESUMO

Em um cenário cada vez mais competitivo no setor da indústria têxtil, a modernização das máquinas e o pensamento enxuto se tornam um diferencial para a empresa. Baseado neste contexto, verificou-se a necessidade de automatização do sistema elétrico de uma lavadeira de tecido plano em uma empresa do setor têxtil, devido à quantidade de paradas por manutenção corretivas não previstas, acarretando assim a perda de produção. Mediante a esse cenário, foi aplicada a automação na máquina, onde se obteve melhores resultados e maior confiabilidade ao produto. Após a automatização do processo, pode-se observar uma melhora direta na qualidade do produto e uma grande evolução da produção diária.

**Palavras-chave:** Automação, Pensamento enxuto, Qualidade, Modernização.

### FLAT TISSUE WASHER AUTOMATION

#### ABSTRACT

In an increasingly competitive scenario in the textile industry, the modernization of machines and lean thinking become a differential for the company. Based on this context, there was a need to automate the electrical system of a flat fabric washerwoman in a company in the textile sector, due to the amount of unforeseen corrective maintenance stops, thus causing loss of production. In this scenario, automation was applied to the machine, where better results and greater product reliability were obtained. After the automation of the process, a direct improvement in the quality of the product and a great evolution of the daily production can be observed.

**Key-words:** Automation, Lean thinking, Quality, Modernization.

<sup>10</sup> Discente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: rodrigo.vermoehlen@gmail.com

<sup>11</sup> Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: rodolfo.hildrebrandt@sistemafiep.org.br

<sup>12</sup> Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: vicente.gongora@sistemafiep.org.br

<sup>13</sup> Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: wesley.candido@sistemafiep.org.br

## 4. INTRODUÇÃO

Neste momento de retomada e crescimento nos processos produtivos da indústria têxtil, as empresas que buscam automatizar seus equipamentos se tornam mais competitivas, melhorando a qualidade do produto, reduzindo desperdícios e maximizando lucros.

Com base neste contexto foi desenvolvido e aplicado a automação na lavadeira de tecido plano, devido ao histórico de problemas elétricos que estavam afetando de forma gradual a produção e interferindo na qualidade do produto. Além destes fatores a máquina se encontrava em um processo muito manual e com tudo a sua velocidade de trabalho estava limitada eletricamente a 50 metros por minuto.

Com a automatização estes problemas serão sanados e a velocidade de produção máxima será de 60 metros por minuto, além de proporcionar mais praticidade ao operador ela também terá um novo sistema de controle de temperatura nas caixas de água utilizadas para lavagem do tecido.

O método que será utilizado nesta aplicação que fara o controle de todas as variáveis, irá utilizar um Controlador lógico programável e um sistema supervisório instalado a um computador. Isso tornara o processo muito eficiente, de maior qualidade, confiabilidade e produtividade do que os processos manuais. Por isso, levando em consideração fatores econômicos e sociais, encontra-se a grande motivação para o desenvolvimento do processo de automação da lavadeira de tecido plano.

O Controlador lógico programável é utilizado na maioria dos processos automatizados da indústria sua estrutura é bem similar a de um computador, possuindo uma unidade de processamento central, memória e processamento de dados, a maior diferença está nos módulos de entradas e saídas que fazem a comunicação com o ambiente externo da máquina.

Agregando todas as tecnologias da automação industrial desde sensores indutivos com saída analógica, inversores de frequência, válvulas pneumáticas,

sensores capacitivos e comunicação MODBUS TCP/IP foi desenvolvido um projeto para automatizar a lavadeira de tecido plano.

## 5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Automação Industrial

A introdução das primeiras formas de automação deu-se nas indústrias de processos, por meio do desenvolvimento de equipamentos de controle e medição elétrica e pneumática. Segundo Rosário (2009) a palavra automação ganhou relevância com desenvolvimento da máquina de comando numérico.

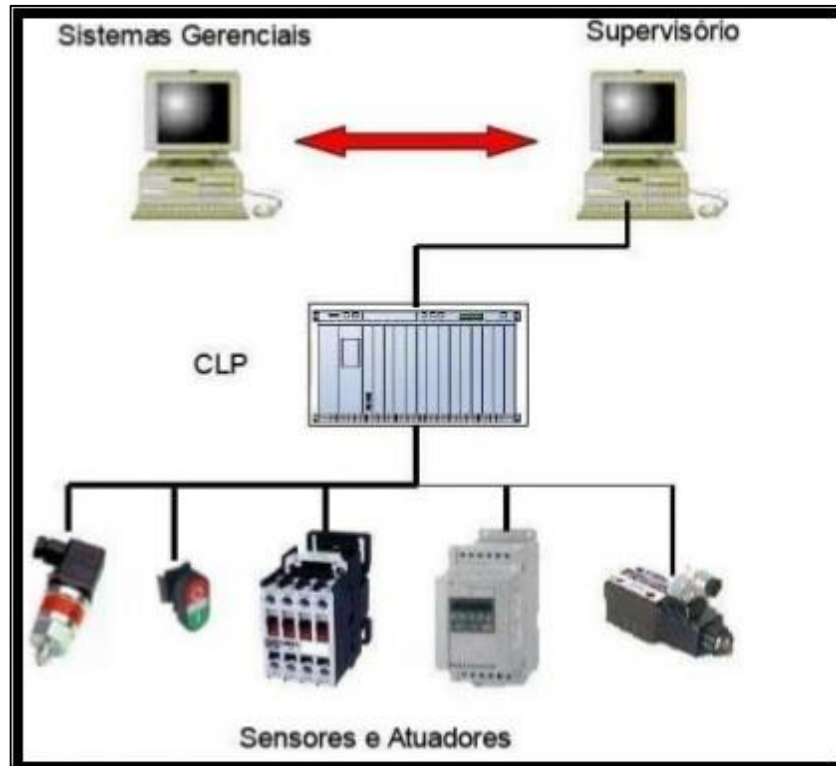
[...] Na automação existe uma auto adaptação a diferentes condições, de modo que as ações do sistema de maquinismos conduzam a resultados ótimos. A automação está ligada a utilização de sistemas automáticos. Pode se definir ainda a automação como sendo um sistema que tende a aumentar a eficiência de um determinado processo (ROSÁRIO, 2009, p.18).

#### 2.1.1 Sistemas supervisórios

Para Rosário (2009) supervisório ou sistema de supervisão é um programa computacional que permite a comunicação entre o computador e a rede de automação, trazendo ferramentas para a construção de interfaces entre operador e o processo.

Segundo Rosário (2009) a evolução da eletrônica e dos sistemas de comunicação direcionou a utilização em campo de um tipo de conexão similar a utilizada pelas redes corporativas. Os próprios elementos de campo passaram a incorporar circuitos eletrônicos de maneira que toda informação enviada ou recebida obedeça ao mesmo protocolo de comunicação. A Figura 1 ilustra a arquitetura de um sistema supervisório.

Figura 1: Arquitetura de um sistema supervisório.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

### 2.1.2 Controladores lógicos programáveis (CLP)

Segundo Natale (2001) o CLP é um computador com as mesmas características de um computador pessoal, porém, em uma aplicação aplicada na automação industrial. O CLP pode controlar uma grande quantidade de variáveis, substituindo o homem com mais precisão e confiabilidade, custo e rapidez.

[...] O controle lógico e programável do tipo compacto cobre cerca de 80% das aplicações com possibilidades de diversos tipos de expansões a partir do disponível board, como o número de slots para inserção de módulos por meio de um rack de extensão e esses, no meio que diz respeito às entradas e saídas-I/Os, podem ser fornecidos em tamanhos e com componentes de potência diferentes, como relés, transistores, etc. (Natale, 2001, p.17).

Segundo Natale (2001) um CLP é constituído basicamente de fonte de alimentação, unidade central de processamento, memórias fixas e voláteis, dispositivos de entrada e saída, terminal de programação. Segue abaixo a Figura 2 representando a ilustração de um CLP.

Figura 2: CLP Altus FBS



Fonte: Catálogo de CLP Altus (2020).

## 2.1 Sensores

Segundo Thomazini (2007) o termo sensor foi empregado para designar dispositivos sensíveis, relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser medida, como temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição entre outros.

Para Thomazini (2007) há precisão de um sensor é relativo ao grau de repetitividade do valor medido por um transdutor, todo sensor possui um erro de leitura maior ou menor dependendo da grandeza medida. A linearidade ocorre com os sensores analógicos, pois se trata da curva obtida entre os valores medidos por um transdutor sob teste em relação aos valores de um padrão.

## 2.2 Inversores de frequência

Um inversor é, essencialmente, um conjunto de chaves que comutam uma tensão contínua sobre uma carga. Segundo Aguirre (2013) na prática os inversores de frequência não têm baterias, em vez disso a tensão contínua é obtida em um barramento CC, que é alimentado por um retificador trifásico seguido de um filtro passa baixas. As chaves são semicondutores que podem ser comandadas externamente.

### 5.3 Protocolos de comunicação

Segundo Rosário (2009) para que diferentes dispositivos possam trocar informações torna-se imprescindível estabelecer códigos e regras simples de comunicação, denominados protocolos digitais, que podem ser industriais proprietários e abertos.

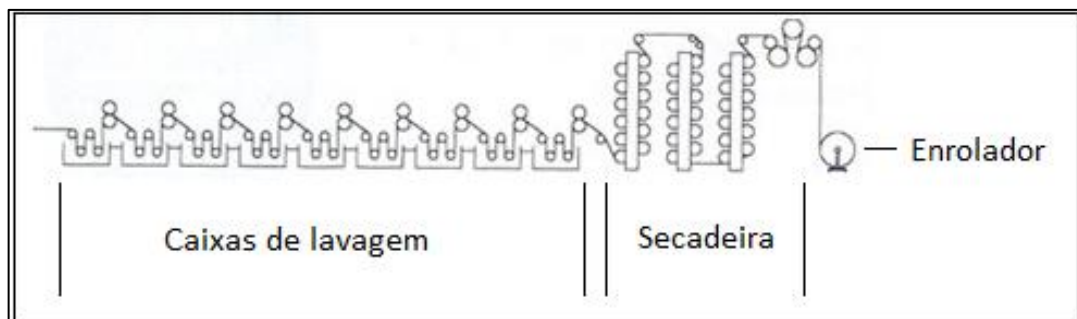
Os protocolos proprietários surgiram inicialmente, desenvolvidos por grandes empresas fabricantes de dispositivos e fornecedores de sistemas completos de automação. Já os protocolos abertos surgiram como necessidade do mercado, sendo desenvolvidos por instituições internacionais formadas principalmente por associações de fabricantes.

## 6. METODOLOGIA

### 3.1 Processo Industrial

O processo de lavagem do tecido consiste em remover os excessos do processo anterior de tingimento, pois pode carecer de solidez à lavagem e fricção (seco e úmido). Porém todo o processo se caracteriza pela adição de água aquecida ou vapor de água pressurizado. Abaixo veremos na Figura 3 o projeto mecânico de uma lavadeira de tecido plano.

Figura 3: Lavadeira de tecido Plano.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

### 3.2 Princípio de funcionamento do projeto de automação

Na execução desta automação foi utilizado um controlador lógico programável Altus modelo FBS- 60MC, três módulos de expansão Altus FBS- 4<sup>a</sup>2D, dois módulos de expansão FBS- 6RTD para controle das entradas analógicas tais como sensores indutivos com saída analógica para controle do estiramento do tecido, sensores tipo PT100 para medição da temperatura nas caixas de lavagem. Para controle operacional será utilizada um sistema supervisorio marca INDUSOFT, para facilitar o entendimento de quem está operando a máquina.

Se tratando de sensores serão utilizados sensores indutivos com saída analógicos, posicionados estrategicamente na saída de cada uma das seis caixas de lavagem que a máquina possui e mais um sensor na saída da secadeira, isso para que possa ser feito um controle de tensão no tecido que será lavado, este processo reduz as possibilidades do tecido ficar muito solto ou muito tensionado e assim o mesmo iria se romper. Este processo será controlado da seguinte maneira; o sensor faz a leitura e envia o sinal para o controlador lógico programável que faz o processamento da informação recebida e em seguida atua em relação à velocidade da máquina, por exemplo, caso o tecido esteja muito solto a máquina acelera o motor relativo aquele sensor para manter ele estirado, mas caso o tecido já esteja com muita estiragem à máquina terá que diminuir a velocidade caso contrário o tecido se romperá.

Basicamente o tecido entra na máquina passa pelas caixas de lavagem aquecidas e em seguida passa pela secadeira para o mesmo secar e por final será enrolado formando rolos de até 5000 metros.

As caixas de lavagem são aquecidas por vapor direto onde a água se encontra inicialmente a uma temperatura ambiente e em seguida esta água é aquecida até 90 graus, para este controle o sensor PT100 fará a leitura que é enviada para o CLP e este processa a informação comparando o set-point desejado com o valor real da temperatura e toma a decisão se deve aquecer ou não a água.

A variação da temperatura admissível para este processo de lavagem é de mais ou menos 5 graus em relação ao set- point que sempre será de 90 graus, caso a temperatura esteja fora desta faixa à lavagem não será eficiente o que gera manchas

no tecido. Quando a temperatura esta fora desta faixa permitida à máquina sinaliza que algo está fora dos parâmetros desejados e se este persistir a máquina desliga para que seja feita a correção.

No sistema supervisorio é possível visualizar todas as temperaturas das caixas de lavagem, também é possível controlar todos os demais pontos da máquina como ligar e desligar os motores e acessar ao histórico de alarmes bem como visualizar a quantidade produzida em metros de tecido pela máquina. As Figuras 04 e 05 demonstram o antes e o depois da modificação do painel de controle e mesa de operação da máquina.

Figura 4: Painel de controle e mesa de operação antiga.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Figura 5: Painel de controle e mesa de operação nova.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

A automação trouxe com ela a adequação da máquina a NR12 - norma de regulamentação de segurança em máquinas e equipamentos, foram utilizados reles de segurança para monitorar botões de emergência e cordões de segurança. A Figura 06 demonstra o sistema de parada de emergência.

Figura 6: Sistema de parada de emergência.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Os inversores de frequência marca YASKAWA modelo A1000 utilizados para acionamento e controle de velocidade dos motores elétricos permitiram um aumento na velocidade máxima de trabalho da máquina em 20% além de serem mais confiáveis do que o modelo antigo que apresentava muitos problemas, essa melhora foi obtida também devido à utilização do protocolo de comunicação MODBUS TCP/IP e não mais utilizando o comando remoto através de bornes.

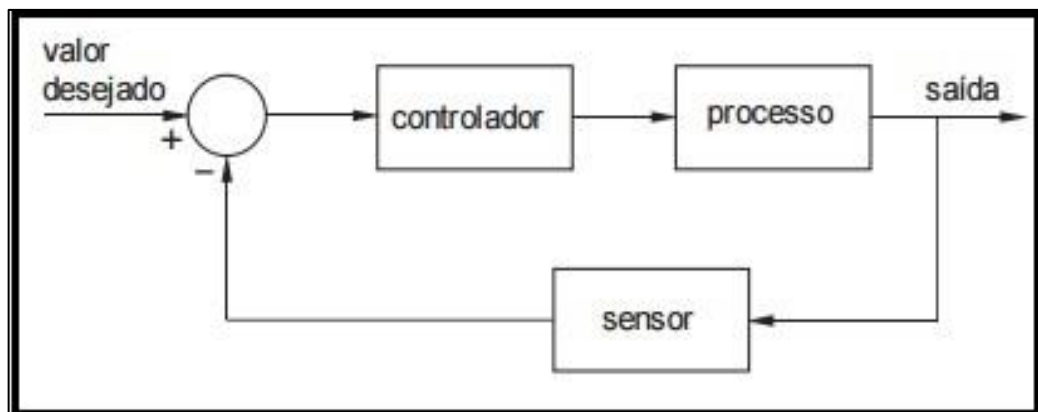
### 3.2 Teoria do controle PID

Este controle é utilizado quando se tem uma grandeza que precisa ser controlada, neste caso é preciso controlar a temperatura da água nas caixas de lavagem, mas para mantermos essa grandeza sob controle constante precisamos de algumas informações como:

- \* Valor desejado- Set-point (SP);
- \* Valor real ou valor do processo (PV);
- \* Algoritmo de controle.

Com base nessas informações, o controlador compara o valor desejado (SP) com o valor do processo (PV) e determina com base no algoritmo de controle o valor de correção na saída do controlador, para que o valor do processo (PV) se aproxime ao máximo do valor desejado (SP), conforme ilustra a Figura 7.

Figura 7: Malha de controle PID.



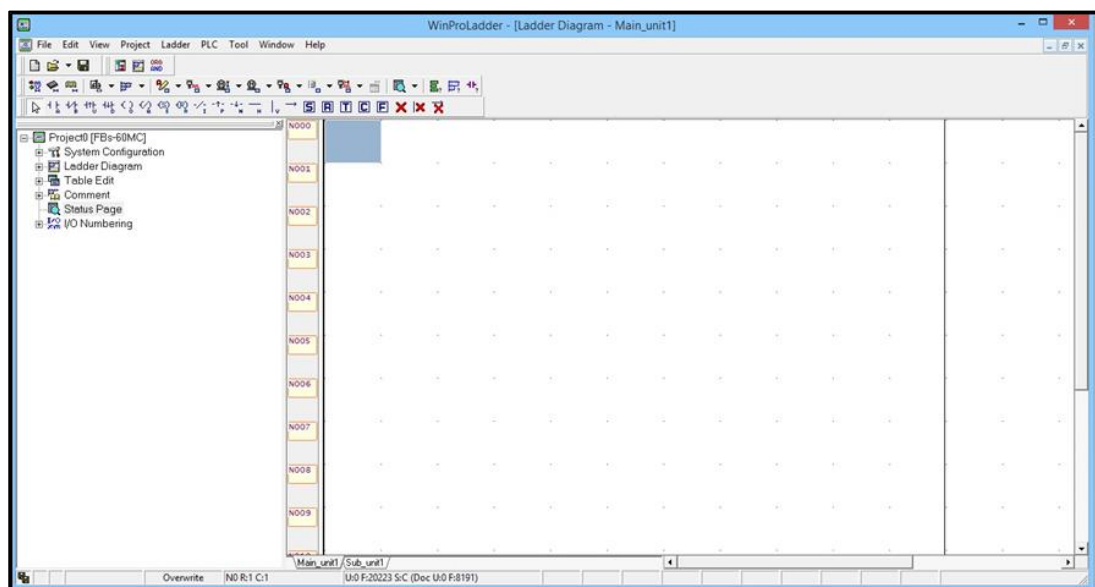
Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

### 6.3 Linguagem de programação

A linguagem de programação utilizada para programação do Controlador lógico programável (CLP) foi a ladder, por ser a linguagem mais utilizada no mundo para programação o que irá facilitar futuras alterações no programa se necessário, podendo assim ser feitas por qualquer pessoa da área de automação, desta forma a programação não fica limitada a apenas uma pessoa como várias empresas fazem atualmente sendo necessário o desenvolvedor do projeto sempre que for preciso efetuar alguma mudança no programa da máquina.

A plataforma para programação utilizada foi a do CLP Altus chamada WINPROLADDER ela é gratuita não requer licença para programação e pode ser facilmente baixada pela internet, porém o programador necessita ter o cabo de programação para fazer download do programa desenvolvido para o CLP ou como neste caso o CLP precisa ter a placa de comunicação MODBUS TCP/IP e com esta, a programação pode ser feita via rede com cabo de Ethernet. A Figura 8 apresenta a imagem da plataforma de programação WINPROLADDER;

Figura 8: Plataforma de programação WinProLadder.



Fonte: Catálogo de CLP Altus

## **7. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

O cenário mundial requer que as empresas produzam mais e com isso consigam reduzir o custo do produto final, isto só foi possível devido a estudos de automação bem sucedidos para que a empresa conseguisse um aumento na produção, baixo custo de manutenção, eliminar ao máximo produto com defeito os chamados produtos de segunda linha que apresentam algum problema, neste caso 40% dos defeitos está ligada a manchas no processo lavagem e paradas de máquina para manutenção, e isto ocorre porque o processo não é controlado por um equipamento dedicado. Quando temos o controle de todas as variáveis este número cai para apenas 5% segundo resultados verificados depois da implementação da automação.

Antes da automação a máquina produzia em média 41.500 metros de tecido por dia, depois que foi executada a automação está média diária teve um aumento expressivo passando a produzir 53.800 metros por dia, isso só foi possível devido à redução de paradas da máquina para manutenção corretiva e ao aumento da velocidade máxima de produção em 20%.

O investimento de R\$ 150.000,00 para efetuar a automação da máquina a empresa espera recuperar em um período de seis meses com aumento de produtividade. O valor de aquisição para uma máquina nova é de R\$ 5.000.000,00 valor muito superior ao investimento realizado para automatizar a máquina existente que depois da automação passou a atender todos os requisitos que uma máquina nova oferece.

## **8. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Esta automação teve como objetivo o controle de manutenções do sistema de lavagem de tecido plano, como pode ser visto procurou-se utilizar a melhor técnica para que na prática tudo nele funcione conforme o previsto, os controles especificados foram definidos com base na experiência teórica e prática do autor.

A utilização do controlador lógico programável e do sistema supervisor foi definida pelo simples aspecto do baixo custo de aquisição que o mercado de

automação oferece hoje aos seus usuários e pela confiança na qual estes equipamentos transmitem ao projeto tendo uma vida útil muito elevada e requerem poucas manutenções.

Através do sistema automatizado proposto e implantado, foi possível fazer um acompanhamento eficiente do equipamento, com custo considerável em relação a uma nova aquisição de outra máquina, a redução das manutenções corretivas fora relevante, possibilitando uma nova forma de gestão e monitoramento, acompanhando o histórico das atividades realizadas.

## REFERÊNCIAS

ROSÁRIO, João Mauricio; **Automação industrial**: São Paulo: Baraúna, 2009.

AGUIRRE, Luís Antônio; **Fundamentos de instrumentação**: São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

NATALE, Ferdinando; **Automação industrial**: São Paulo: Érica Ltda., 2008.

THOMANZINI, Daniel; ALBURQUERQUE, Pedro Urbano Braga de: **Sensores industriais fundamentos e aplicações**: São Paulo: Érica Ltda., 2007.

Capítulo IV – Open Tech: Prática Experimental Sobre Ondas Estacionárias Realizada na Disciplina de Física Geral e Experimental na Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina.

Diego André Gil <sup>14</sup>

Luis Gustavo F. Espontão <sup>15</sup>

Adriana Giseli Leite Carvalho <sup>16</sup>

Vicente de Lima Gongora <sup>17</sup>

Antônio Carlos Rodrigues <sup>18</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

A física está presente em diversas situações do nosso cotidiano, sendo uma ferramenta de trabalho que auxilia no entendimento das causas e efeitos de diversos fenômenos. Existe uma tendência em evasão nos cursos superior em disciplinas desafiadoras, no qual a Física se enquadra. Na Faculdade de Tecnologia Senai Londrina busca-se fornecer conceitos fundamentais para a formação profissional do Engenheiro capacitando-o para compreensão dos fenômenos físicos e suas aplicações. Em meio as diversas estratégias realizadas em sala de aula na construção de um ambiente de aprendizagem mais eficiente, será apresentado uma delas na qual os alunos atingiram progressivamente o conhecimento.

A relação entre o estudo da física e a engenharia está diretamente relacionada a inovação tecnológica, sendo de grande importância para o desenvolvimento dos pais. A seguir são apresentados alguns exemplos de aplicação da física para o

---

<sup>14</sup> Discente do curso de Engenharia Elétrica da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina.

<sup>15</sup> Discente do curso de Engenharia Elétrica da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina.

<sup>16</sup> Especialização em Gestão da Produção. Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: [adriana.carvalho@sistemafiep.org.br](mailto:adriana.carvalho@sistemafiep.org.br)

<sup>16</sup> Doutorado em Engenharia Elétrica. Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: [vicente.gongora@sistemafiep.org.br](mailto:vicente.gongora@sistemafiep.org.br)

<sup>16</sup> Especialização em Engenharia de Manutenção Industrial. Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: [antonio.rodrigues1@sistemafiep.org.br](mailto:antonio.rodrigues1@sistemafiep.org.br)

profissional da engenharia elétrica, com o objetivo de relacionar conceitos teóricos e práticos, propiciar a interpretação e análise dos dados obtidos nos experimentos.

## 2. DESENVOLVIMENTO

Os conteúdos relacionados envolve frequência, comprimento de onda, velocidade de propagação, interferência construtiva, interferência destrutiva, ressonância. Tendo como objetivo, Identificar e medir as frequências naturais de vibração de fios esticados entre duas extremidades fixas, determinar a dependência das frequências naturais de vibração comprimento do fio e relacionar a velocidade de propagação da onda com a tensão aplicada ao fio e com a densidade linear de massa dele.

A seguir serão conceituados alguns conceitos que foram de grande importancia para o desenvolvimento do trabalho. Entre eles, os os fenômenos oscilatórios que estão presentes em diversas formas na natureza e em várias áreas do conhecimento, como nas engenharias e tecnologias. Visando o ensino, o entendimento sobre o movimento harmônico simples vale destacar que apresenta um grande potencial em termos motivacionais.

Neste contexto, o movimento da massa em um pêndulo acontece pela ação restauradora da força peso e da tensão no fio. O pêndulo é um oscilador harmônico simples, cuja frequência angular de oscilação é descrita pela relação:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

A frequência angular é definida como  $\omega = 2.\pi.\varpi$ , sendo  $\omega_0$  a frequência natural de oscilação do pêndulo. Assim a frequência natural de oscilação do pêndulo  $\omega_0$  é estabelecida pelo par de parâmetros  $g$  e  $l$ , sendo  $g$  a aceleração da gravidade e  $l$  o comprimento do fio.

$$\varpi_0 = \frac{1}{2.\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$

O movimento harmônico simples também está presente no sistema composto por uma massa  $m$  suspensa numa mola de constante elástica  $k$ . Este sistema possui frequência angular de oscilação descrita por:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Sendo a frequência natural  $\omega_0$  de oscilação do sistema massa-mola determinada pelo par de parâmetros  $k$  e  $m$ .

$$\omega_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Ao ser aplicado por um agente externo, um único pulso a um sistema oscilante, este oscilará em sua frequência natural com a amplitude da oscilação diminuindo até zero com o tempo, devido ao amortecimento. Ao ser aplicada uma sequência contínua de pulsos, o sistema oscila de modo forçado. São possíveis duas situações principais em um sistema com oscilações forçadas:

1) A frequência  $f$  dos pulsos aplicados pela fonte externa é bem diferente da(s) frequência (s) natural (ais),  $\omega_0$  de vibração do sistema;

2) A frequência  $f$  dos pulsos aplicados pela fonte externa é igual ou quase igual à(s) frequência(s) natural(ais),  $\omega_0$  de vibração do sistema. Na primeira situação o sistema oscila em uma frequência que não é nem  $f$  nem  $\omega_0$ , e as oscilações se manterão com pequena amplitude.

Na segunda situação, o sistema oscila com uma frequência igual  $f$  à  $\omega_0$ , e as oscilações atingirão grande amplitude, ocorrendo o fenômeno chamado ressonância. A ressonância acontece quando um sistema físico oscila de maneira forçada em sua frequência natural de oscilação, atingindo grande amplitude. Quanto a propagação de uma onda transversal, considera-se um sistema composto por um fio flexível esticado entre duas extremidades fixas. Aplicando por meio de uma fonte externa um único pulso em um dos pontos do fio esticado, toda a extensão do fio vibrará. A velocidade de propagação  $v$  do pulso transversal ao longo do fio é:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Sendo  $F$  a tração no fio e  $\mu$  sua densidade linear de massa. Sendo aplicada uma sequência de pulsos, uma onda se propaga através do fio, com a frequência da fonte externa. A velocidade de propagação está relacionada com a frequência  $f$  através do parâmetro comprimento de onda  $\lambda$ , na forma:

$$v = \lambda \cdot f$$

Relacionando as equações se obtém:

$$v = v \rightarrow \lambda \cdot f = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \rightarrow f = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Esta relação permite associar a frequência  $f$  em com a força de tração  $F$ , a densidade linear  $\mu$  do fio e o comprimento de onda  $\lambda$ . Sob condições apropriadas, a onda que se propaga no fio interfere construtivamente com a onda que é refletida no ponto de fixação da corda, formando ondas estacionárias no fio.

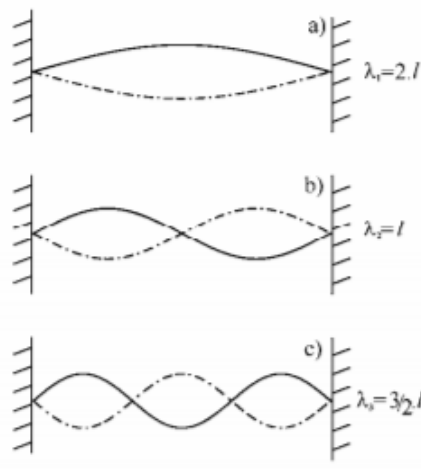
A formação de ondas estacionárias é caracterizada pela presença de nodos (nós) e antinodos (ventres) na corda esticada. Nos nodos, a amplitude de deslocamento lateral do fio é nula, enquanto nos antinodos a amplitude é diferente de zero. Atendidas as condições de interferência construtiva, o fio esticado é capaz de oscilar num grande número de frequências naturais  $\omega_0$ , chamadas harmônicos.

O  $n$ -ésimo harmônico possui  $n$  ventres e  $n+1$  nós, sendo cada harmônico um modo normal de vibração do sistema. Entre os nodos das extremidades de fixação pode haver qualquer número de nós intermediários, sendo possível o comprimento da onda estacionária assumir muitos valores diferentes. Como a distância entre nós adjacentes é  $\lambda/2$ , em um fio de comprimento  $l$  haverá exatamente um número inteiro  $n$  de meios comprimentos de onda  $\lambda/2$  (ou ventres), ou seja,

$$n \frac{\lambda}{2} = l \rightarrow \lambda = \frac{2 \cdot l}{n}$$

Sendo  $n = 1, 2, 3...$  Considerando esta notação, as Figura 1a, 1b e 1c descrevem  $n = 1$  com  $\lambda_1 = 2l$ ,  $n = 2$  com  $\lambda_2 = l$ , e  $n = 3$  com  $\lambda_3 = (\frac{2}{3})l$ , respectivamente.

Figura 1. Diagrama com a indicação dos 3 primeiros harmônicos de ondas estacionárias em um fio com comprimento  $l$ .



Fonte: Do autor, adaptado (Hayt, 2004).

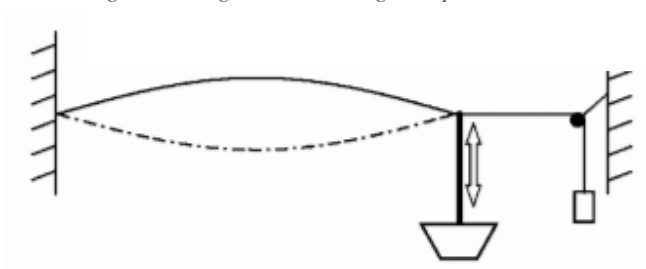
### 3. METODOLOGIA

O modelo experimental consiste em utilizar um fio que será esticado entre dois pontos de apoio fixos e posto para vibrar com frequência conhecida. São observadas as formações de interferência construtiva para diferentes comprimentos e densidade linear de fios. A montagem do experimento será descrita a seguir, identificado por partes práticas 1, 2, 3 e 4.

#### Parte Prática 1 – Dependência com a frequência

1. Montar o aparato experimental de acordo com o diagrama a seguir.

Figura 2. Diagrama de montagem experimental.



Fonte: Do Autor, 2021.

2. Conectar o gerador de áudio-freqüência (GAF) ao amplificador;
3. Conectar o alto-falante à saída do amplificador;
4. Fixar os dois suportes universais à bancada de trabalho, separados por uma distância de 120 cm;
5. Fixar uma haste metálica de 40 cm em cada suporte universal;
6. Fixar a haste metálica de 10 cm com furo no suporte da esquerda e a haste de 10 cm com roldana no suporte da direita;
7. Passar o fio de densidade linear média através da roldana, utilizando o grampo em forma de pino;
8. Fixar a extremidade do fio com o grampo reto em forma de pino ao orifício da haste de 10 cm. O comprimento do fio pode ser alterado, enrolando ou desenrolando o mesmo na haste;
9. Esticar o fio e pendurar a massa de tração de 100 g no gancho;
10. Ajustar a posição do alto-falante, fazendo com que a distância da haste do alto-falante à extremidade fixa do fio (comprimento  $l$ ) seja de 60 cm;
11. Variar lentamente a freqüência do GAF, anotando o valor para cada harmônico encontrado;

Anotar valores obtidos em uma tabela, com colunas para o número de ordem  $n$  do harmônico e a freqüência de cada harmônico e sua incerteza.

### **Parte Prática 2 – Dependência com o comprimento do fio**

13. Repetir os procedimentos 1 ao 9 da Prática 1, utilizando a massa de tração de 100g e o fio de densidade linear média;
14. Ajustar a posição do alto-falante, fazendo com que o comprimento  $l$  entre a haste fixa e o alto-falante seja de 20 cm;
15. Variar lentamente a freqüência do GAF, anotando o valor para o primeiro harmônico ( $n = 1$ );
16. Repetir os procedimentos 2 e 3 desta prática para o comprimento  $l$  igual a 40cm, 60cm, 80cm e 100cm;

Anotar os valores obtidos em uma tabela, com colunas para o índice da medida, o valor do comprimento  $l$  e seu erro, a frequência  $f$  e seu erro.

### **Parte Prática 3 – Dependência com a força de tração**

17. Repetir os procedimentos 1 ao 10 da Prática 1, utilizando o fio densidade linear média, o comprimento  $l$  de 60cm, e a massa de tração de 50g;

18. Variar lentamente a frequência do GAF, anotando o valor para o primeiro harmônico ( $n = 1$ );

19. Repetir os procedimentos 2 desta prática para o comprimento para a massa de tração sendo 100g, 150g, 200g e 250g;

Anotar valores obtidos em uma tabela, com colunas para o índice da medida, o valor da massa e seu erro, o valor da frequência e seu erro.

### **Parte Prática 4 – Dependência com a densidade do fio**

20. Repetir os procedimentos 1 ao 10 da Prática 1 utilizando o fio menor densidade linear, o comprimento  $l$  de 60cm, e a massa de tração de 100g;

21. Variar lentamente a frequência do GAF, anotando o valor para o primeiro harmônico ( $n = 1$ );

22. Repetir o procedimento 2 desta prática para os fios de maior densidade linear;

Anotar os valores obtidos em uma tabela, com colunas para o índice da medida, o valor da densidade linear  $\mu$  do fio e seu erro, a frequência  $f$  e seu erro.

## **4. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

O propósito é apresentar uma abordagem teórica e experimental do conceito de MHS através de um modelo experimental, entende-se que além das equações são necessárias uma profunda análise e discussão do processo. Baseado em pesquisas, o modelo experimental foi desenvolvido e colocado em prática.

**Roteiro proposto:**

- ✓ A partir dos resultados da Prática 1, construir uma tabela (tabela I).
- ✓ Transcrever a Tabela I para um aplicativo de tratamento de dados.
- ✓ Construir um gráfico de  $f(n)$  da dependência da frequência  $f$  com o número de ordem  $n$  (Gráfico 1), colocando as barras de erro nos pontos experimentais obtidos.
- ✓ Ajustar os pontos experimentais com a equação  $b f = a \cdot x$ , para obter a dependência da frequência com número de ordem do harmônico.
- ✓ A partir dos resultados da parte Prática 2, construir uma tabela (tabela II).
- ✓ Transcrever a Tabela II para o aplicativo de tratamento de dados.
- ✓ Acrescentar na Tabela II, uma coluna para o comprimento de onda ( $\lambda$ ).
- ✓ Calcular o valor do comprimento de onda, sendo  $\lambda = 2 \cdot l \cdot n$
- ✓ Construir um gráfico de  $f(\lambda)$  da dependência da frequência  $f$  com o comprimento de onda (Gráfico 2), colocando as barras de erro nos pontos experimentais obtidos.
- ✓ Ajustar os pontos experimentais com a equação  $b f = a \cdot x$ , para obter a dependência da frequência com comprimento de onda.
- ✓ A partir dos resultados da Prática 3, construir a Tabela III.
- ✓ Transcrever a Tabela III para o aplicativo de tratamento de dados.
- ✓ Acrescentar na Tabela III, uma coluna para a força  $F$  de tração.
- ✓ Calcular o valor da força de tração na tabela III.
- ✓ A partir da Tabela III, construir um gráfico de  $f(F)$  da dependência da frequência  $f$  com a força de tração no fio (Gráfico 3), colocando as barras de erro nos pontos experimentais obtidos.

- ✓ Ajustar os pontos experimentais com a equação  $b f = a.x$  , para obter a dependência da frequência com a força de tração no fio.
- ✓ Obter os parâmetros a e b de um ajuste linear do gráfico do  $\log(f)$  versus  $\log(F)$ .
- ✓ A partir dos resultados da Prática 4, construir a Tabela IV.
- ✓ A partir da Tabela IV, construir um gráfico de  $f(\lambda)$  da dependência da frequência f com a densidade linear do fio (Gráfico 4), colocando as barras de erro nos pontos experimentais obtidos.
- ✓ Ajustar os pontos experimentais com a equação  $b f = a.x$  , para obter a dependência da frequência com a força de tração no fio.
- ✓ Obter os parâmetros a e b de um ajuste linear do gráfico do  $\log(f)$  versus  $\log(\mu)$ ;
- ✓ Correlacionar os resultados dos ajustes com a equação (7), e escrever a dependência da frequência e da velocidade de propagação com os parâmetros  $n, \lambda, F$  e  $\mu$
- ✓ Comentar os resultados obtidos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi proposto pelo docente da disciplina, o desafio de realizar uma pesquisa bibliográfica sobre alguns macrotemas da Física Geral e Experimental, de forma a identificar assuntos de maior interesse do grupo a fim de motivá-los avançar no tema; e na, sequência estabeleceu-se um roteiro experimental prático.

Para o êxito do aprendizado, o docente em uma abordagem metodológica de mediação propos aos alunos uma determinada estrutura de trabalho teórico, onde os alunos puderam pesquisar, criar e desenvolver procedimentos para a prática experimental, com situações experimentais, onde a coerência da teoria e da prática implementada pudesse ser verificada.

Neste contexto, ao envolver teoria e prática, o roteiro elaborado, tomou como base autores, tais como: HALLIDAY, D., Resnick, R., Walker, J. ; e, TIPLER, Paul Allen; MOSCA, Gene; o que, possibilitou o entendimento de que alguns detalhes deveriam ser incluídos e outros melhor explicados.

Ao chegar na versão final, os demais colegas de turma, participaram das prática laboratorial e utilizaram o roteiro, por eles desenvolvido, de forma a comprovar se a estrutura proposta, estava coerente para que outros alunos pudessem desenvolver o método criado, e desta forma reproduzindo o experimento.

Vale ressaltar e observado nesta atividade, a grande importância da realização de práticas laboratoriais que permitam a construção significativa do conhecimento, e que disponibilizando, um procedimento bem elaborado, resultou em um aprendizado efetivo. Tal foi o êxito, do método que os discentes propuseram organizar, um seminário de apresentação, com a participação de toda a turma apresentando a relação e o sentido da teoria e prática.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA, B., MÁXIMO, A. Curso de Física. V. I,II,III, ed. Editora Scipione, 2000

DOMICIANO, J. B., Juraltis K. R., “Introdução à Física Experimental”, Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina, 2003.

BAUER, Wolfgang; WESTFALL, Gary D.; DIAS, Helio. Física para universitários: mecânica Porto Alegre: AMGH, 2012. 416 p. ISBN 978-85-8055-094-8

FEYNMAN, Richard Phillips et al. Feynman: lições de física. Porto Alegre: Bookman, 2008.

HALLIDAY, D., Resnick, R., Walker, J. – “Fundamentos de Física 2” - São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora, 4a Edição, 1996.

NUSSENZVEIG, H. M. – “Física Básica” – 2ª ed. - vol. 1 - Ed. Edgard Blücher Ltda – 1981- p. 202.

TIPLER, Paul Allen; MOSCA, Gene. Física para cientistas e engenheiros. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 759 p. ISBN 978-85-216-1710-5

