

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

FRANCIN BARCELOS

**Estudo e desenvolvimento de plataforma on-line
para aplicação didática de carta de Smith**

São José - SC

março/2022

ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMA ON-LINE PARA APLICAÇÃO DIDÁTICA DE CARTA DE SMITH

Trabalho de conclusão apresentada ao Curso de Engenharia de Telecomunicações do campus São José do Instituto Federal de Santa Catarina para a obtenção do diploma de Engenheiro de Telecomunicações.

Orientadora: Prof. Evanaska Maria Barbosa Nogueira, Dra.

São José - SC

março/2022

RESUMO

A impedância é uma característica que está presente nos dispositivos eletrônicos, e cada dispositivo possui uma determinada impedância característica. Para adequar a impedância de um circuito é fundamental efetuar o casamento de impedância neste sistema. A carta de Smith é uma ferramenta utilizada para auxiliar na adaptação da impedância conjunto de um circuito, composto por uma linha de transmissão, uma carga e resistência da fonte. Por ser um utensílio de fácil manipulação, a Carta de Smith é adotada para facilitar cálculos matemáticos complexos. Desta forma, este trabalho propõe implementar uma plataforma online que auxiliará nestes cálculos.

Palavras-chave: Casamento de Impedância, Transmissão e Reflexão de ondas, *software* online

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Plano de Argand-Gauss | 14 |
| Figura 2 – Parâmetros distribuídos de um segmento de uma linha de transmissão . | 15 |
| Figura 3 – Onda estacionária em uma linha de transmissão | 16 |
| Figura 4 – Resultado do casamento de impedância. | 17 |
| Figura 5 – Casamento por elementos concentrados em L | 17 |
| Figura 6 – Círculos correspondentes a parte real | 19 |
| Figura 7 – Círculos correspondentes a parte imaginária | 19 |
| Figura 8 – Gráfico completo | 20 |
| Figura 9 – Carta de Smith com situações de casamento de impedância | 21 |
| Figura 10 – Casamento com x no interior do círculo $1 \pm jx$ | 21 |
| Figura 11 – Casamento com x no interior do círculo $1 \pm jx$ girado | 21 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Cronograma das atividades previstas | 25 |
|--|----|

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|------------|--|
| θ | Ângulo do coeficiente de reflexão na carga |
| C' | Capacitância por unidade de comprimento |
| Γ | Coefficiente de reflexão |
| Γ_L | Coefficiente de reflexão na carga |
| l | Comprimento da linha de transmissão |
| λ | Comprimento de onda |
| β | Constante de fase |
| G' | Condutância por unidade de comprimento |
| f | Frequência da onda |
| Z_L | Impedância da carga |
| Z_0 | Impedância da linha |
| Z_{in} | Impedância de entrada |
| Z | Impedância elétrica |
| L' | Indutância por unidade de comprimento |
| $ \Gamma $ | Módulo do coeficiente de reflexão na carga |
| Re | Re Parte real da impedância |
| Im | Parte imaginária da impedância |
| α | Raio do círculo |
| X | Reatância |
| X_C | Reatância capacitiva |
| X_L | Reatância indutiva |
| R | Resistência |
| R' | Resistência por unidade de comprimento |

Ω Unidade de medida da resistência elétrica

v Velocidade da onda

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 | Motivação | 12 |
| 1.2 | Objetivos específicos | 12 |
| 1.3 | Organização do texto | 12 |
| 2 | DEFINIÇÕES E CONCEITOS | 13 |
| 2.1 | Impedância | 13 |
| 2.2 | Linhas de transmissão | 14 |
| 2.2.1 | Impedância característica e Impedância de entrada | 15 |
| 2.3 | Casamento de impedância | 16 |
| 2.3.1 | Casamento por elementos concentrados em L | 17 |
| 2.4 | Carta de Smith | 17 |
| 2.4.1 | Surgimento da carta de Smith | 18 |
| 2.4.2 | Estrutura da carta de Smith | 18 |
| 2.4.3 | Casamento de impedância por elementos concentrados utilizando carta de Smith | 20 |
| 3 | PROPOSTA | 23 |
| 3.1 | Desenvolvimento do <i>software</i> com elementos concentrados em L | 23 |
| 3.2 | Desenvolvimento do <i>software</i> com elementos reais | 24 |
| 3.3 | Armazenamento dos Dados | 24 |
| 3.4 | Documentação e desenvolvimento da API | 24 |
| 3.5 | Desenvolvimento interface gráfica de usuário | 25 |
| 3.6 | Teste de <i>software</i> | 25 |
| 3.7 | Cronograma de Atividades | 25 |
| | REFERÊNCIAS | 27 |

1 INTRODUÇÃO

Desde o surgimento da eletricidade, os equipamentos elétricos estão presentes em nosso dia a dia, como a televisão, o celular e até mesmo nos aparelhos domésticos.

Esses aparelhos eletrônicos operam com corrente elétrica, suportando diferentes níveis de corrente. Seja qual for o nível de corrente elétrica suportado, é necessário calcular a impedância elétrica, para ter um melhor aproveitamento de energia do sistema.

A impedância é utilizada para medir a capacidade de um circuito resistir ao fluxo de determinada corrente elétrica, podendo ser definida como a carga resistiva total de um circuito de corrente alternada (TECNOGERA, 2016).

Cada circuito dispõe da sua própria impedância, portanto uma placa que contém uma trilha com uma determinada largura, possui uma determinada impedância, e a mesma placa com o dobro da largura de trilha terá uma impedância completamente diferente. Isto significa que a impedância varia de acordo com a espessura, largura, tipo de material, e todas as características que compõem a placa do circuito (NOGUEIRA, 2019).

Em uma linha de transmissão, quando a carga e a resistência da fonte dispõem da mesma impedância, podemos afirmar que o sistema está casado, pois não haverá retorno de energia à fonte. Entretanto, em um sistema sem casamento de impedância, ocorre a reflexão de energia provocada pela não absorção de energia pela carga.

A carta de Smith é uma calculadora gráfica utilizada para realizar o casamento de impedância de um sistema. Este recurso foi desenvolvido por Philip Smith por volta de 1930, que visa calcular propriedades de uma linhas de transmissão, como impedâncias, admitâncias, coeficientes de reflexão, entre outros.

Esta ferramenta é um utensílio de extrema importância, pois ajuda a simplificar a matemática complexa, ou seja, transformando as variáveis para o plano imaginário, de modo que é possível descrever as características dos componentes de micro-ondas. Sendo também utilizado na otimização dos circuitos, com respeito às impedâncias de entrada e saída.

Portanto, levando em consideração as inúmeras vantagens da carta de Smith. O principal objetivo é desenvolver uma plataforma on-line capaz de solucionar esses cálculos complexos por meio da carta de Smith. Além disso, será possível utilizar componentes que existem em nossa realidade, ou seja, componentes disponíveis comercialmente. A carta de Smith encontrará o circuito de adaptação após o casamento de impedância, possibilitando analisar também a eficiência do sistema. Logo, os resultados obtidos pela simulação da plataforma on-line proposta serão muito próximos aos resultados reais.

1.1 Motivação

O propósito deste trabalho consiste em desenvolver uma plataforma on-line que seja possível calcular o casamento de impedância por elementos concentrados de forma mais realística possível. Sendo dividido em cinco etapas fundamentais apresentadas na seção 1.2.

1.2 Objetivos específicos

Para atingir objetivo geral, é de extrema importância concluir os seguintes objetivos específicos:

- Elaboração do *software*, que realize um casamento de impedância através da carta de Smith e análise por elementos concentrados.
- Obter a base de dados com os elementos reais;
- Modelagem do banco de dados;
- Documentação da API, para acesso ao banco de dados através dele;
- Interface de usuário;

1.3 Organização do texto

O trabalho está fragmentado em três capítulos. O [Capítulo 1](#), contempla a parte introdutória da temática estudada, deste modo os objetivos serão conquistados no decorrer deste projeto.

No [Capítulo 2](#), são apresentados os conceitos utilizados no andamento da pesquisa, como impedância, linha de transmissão, casamento de impedância e carta de Smith.

E para concluir, o [Capítulo 3](#), que aborda de forma detalhada as fases para o desenvolvimento da pesquisa proposta.

2 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Neste capítulo serão abordadas as principais temáticas e conceitos. Com o propósito de permitir ao leitor uma melhor compreensão, referente às tecnologias e equipamentos que constituem este trabalho.

2.1 Impedância

Em um circuito é importante analisar algumas partes para que o máximo de rendimento possa ser obtido, uma dessas características é a impedância.

A impedância é uma grandeza utilizada para mensurar a oposição de um circuito em relação à corrente elétrica, esta que inclui a resistência e reatância. Assim, em um condutor metálico, aplicado uma corrente alternada ocorre as colisões entre uma partícula carregada com corrente e sua estrutura interna, que resulta em uma resistência. Por outro lado, a reatância surge devido a constante modificação entre a tensão e corrente, dessa forma há dois tipos de reatância, sendo a reatância capacitiva, encontrada por meio de uma capacitor, e a indutiva, que é identificada através de um indutor (BRITANNICA, 2008).

A relação entre a impedância, reatância e resistência. É combinada da seguinte forma:

$$Z = R + jX; \quad (2.1)$$

Em que a reatância X , pode ser determinada por X_L indutivo ou X_C capacitivo.

$$X = X_L + X_C \quad (2.2)$$

A reatância capacitiva é definida como:

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} \quad (2.3)$$

E a reatância indutiva é expressada como:

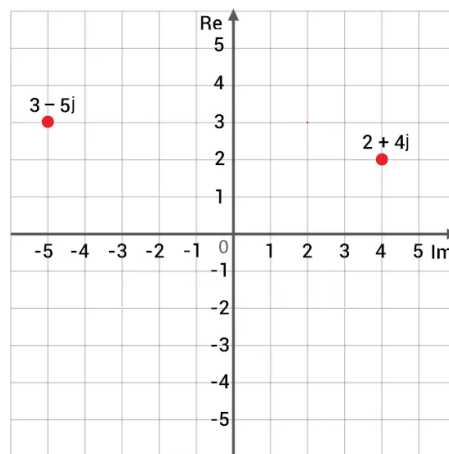
$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \quad (2.4)$$

Na [Figura 1](#), está ilustrado um sistema de coordenadas cartesiano remodelado, para ajudar na compreensão da denotação da impedância em números complexos. Neste

modelo, a resistência aparece no eixo vertical. A reatância capacitiva é representada no eixo horizontal imaginário.

Este exemplo consiste em 2Ω de resistência e $+j4\Omega$ de reatância indutiva, sendo representada no plano como $2 + j4$. Outra ilustração, seria com a reatância capacitiva, onde teria 3Ω de resistência e $-j5\Omega$ de reatância capacitiva, conforme representado na Figura 1 (TECHTARGET, 2021).

Figura 1 – Plano de Argand-Gauss



Fonte: Autoria Própria

2.2 Linhas de transmissão

Um outro componente importante para a análise da propagação de corrente, é a linha de transmissão.

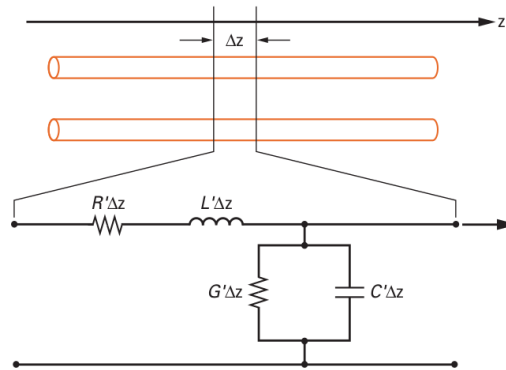
Em uma linha de transmissão de sinais de baixa frequência, o comprimento de onda não é tão relevante. Mas, conforme a frequência vai crescendo, ou seja aumentando, o seu comprimento de onda relacionado ao sinal diminui, podendo acarretar na mesma ordem de grandeza do comprimento da linha. Nesta situação, a onda transmitida move-se em um tempo maior ou igual ao seu período, de modo que, em cada instante de tempo em pontos específicos da linha de transmissão terão valores diferentes (GOMES, 1998).

Contudo, um parâmetro principal de uma linha de transmissão é o comprimento da mesma, no qual é definido pela relação de um comprimento do meio físico da linha e comprimento de onda. Sendo que a velocidade é fixada para qualquer linha de transmissão. Já o comprimento de onda de um sinal pode variar com a frequência, como demonstra a Equação 2.5 (POOLE, 2015).

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (2.5)$$

Outro parâmetro também importante na estrutura da linha de transmissão é a resistência e indutância em série e a capacitância e condutância em paralelo. Podendo ser representada por unidades de comprimento, como ilustrado na [Figura 2](#) (WENTWORTH, 2009).

Figura 2 – Parâmetros distribuídos de um segmento de uma linha de transmissão



Fonte:(WENTWORTH, 2009)

2.2.1 Impedância característica e Impedância de entrada

A impedância característica de uma linha de transmissão, expressada pela [Equação 2.6](#), é determinada pela relação entre a amplitude da onda de tensão e a corrente (WENTWORTH, 2009).

Esta combinação é também abrangente para linhas de transmissão finitas. Geralmente, uma onda é refletida na direção contrária da linha de transmissão. Quando isso ocorre, esta onda alcança a fonte de tensão senoidal, de modo que a onda seja projetada novamente, sendo somada a onda transmitida e modificada a razão entre a tensão e corrente. Logo, a impedância característica não será mais igual a relação entre corrente e tensão. Este novo modelo, incluindo a reflexão da onda, é conhecido como impedância de entrada.

Portanto, a impedância de entrada de uma linha de transmissão, expressa pela [Equação 2.7](#), em que o seu comprimento de linha é infinito, é equivalente a impedância característica, levando em consideração que a onda transmitida não será refletida.

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R' + j\omega L'}{G' + j\omega C'}} \quad (2.6)$$

$$Z_{in} = \frac{V_s(z = -l)}{I_s(z = -l)} = \frac{V_0^+ e^{+\gamma l} + V_0^- e^{-\gamma l}}{V_0^+ e^{+\gamma l} - V_0^- e^{-\gamma l}} Z_0 \quad (2.7)$$

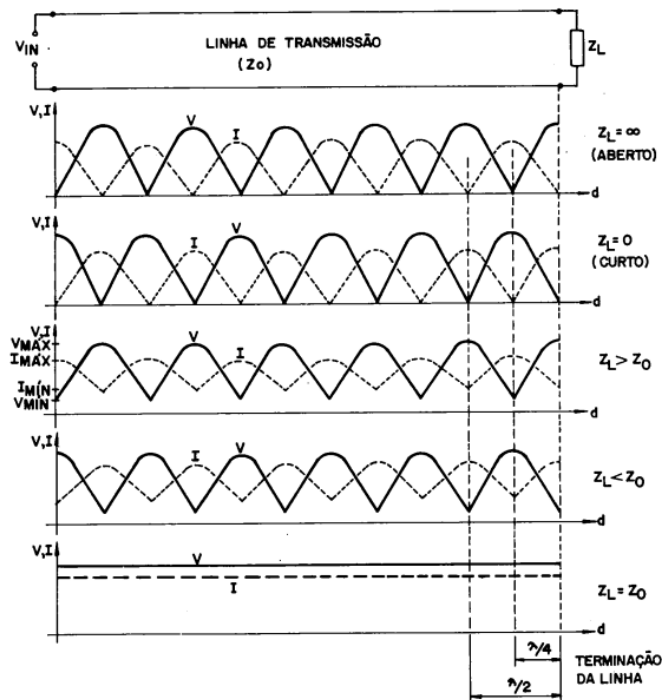
2.3 Casamento de impedância

Se em uma linha de transmissão a carga (Z_L) dispor da mesma impedância da linha (Z_0), a linha de transmissão está “casada” e toda potência sobre a carga é absorvida, ou seja, não ocorrendo retorno de energia ao gerador. Neste cenário, a corrente e tensão será com amplitude máxima e fase constante em qualquer ponto da linha de transmissão (GOMES, 1998).

Mas a linha de transmissão se diz “descasada” quando a impedância da carga é diferente de Z_0 , isso é, ocorreu a reflexão da onda ao gerador. A onda refletida é provocada pela incapacidade da carga de absorver a energia incidente (GOMES, 1998).

Na Figura 3 está ilustrado diferentes casos de descasamento de impedância, como, com terminação em curto, em aberto, com impedância acima e abaixo da característica e também para o caso de uma linha de transmissão casada (GOMES, 1998).

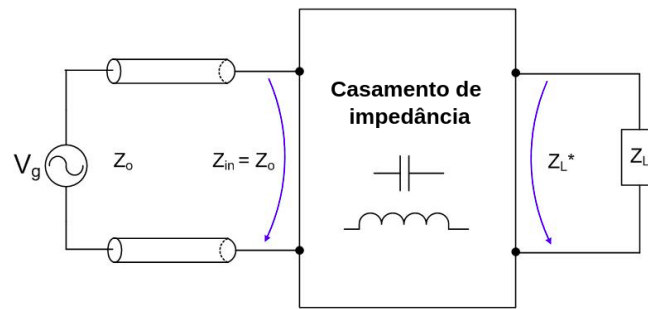
Figura 3 – Onda estacionária em uma linha de transmissão



Fonte:(GOMES, 1998)

Para proteger uma linha de transmissão em relação a reflexão de onda no gerador é necessário inserir um circuito casado entre a carga Z_L e a linha de transmissão Z_0 , conforme mostrado na Figura 4 (MARKOVIC, 2021).

Figura 4 – Resultado do casamento de impedância.



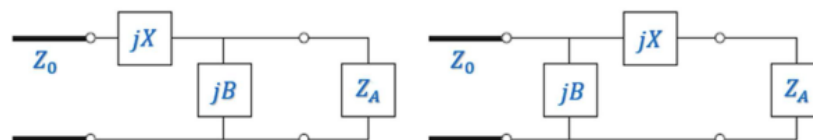
Fonte:(MARKOVIC, 2021)

2.3.1 Casamento por elementos concentrados em L

Uma opção para realizar o casamento de impedância em um circuito é por elemento concentrado. Para realizar este tipo de casamento, é inserido ao circuito dois elementos. Podendo ser indutivo ou capacitivo, no qual podem ser posicionados em série, ou em paralelo, como mostra na Figura 5 (WENTWORTH, 2009).

A principal vantagem deste casamento, é o espaço. Visto que, nos dias atuais, ocorre uma grande otimização em relação ao tamanho dos circuitos. De modo, que é sempre esperado um circuito menor possível. Desta forma, este casamento torna-se ideal, pois ocupa um espaço mínimo para a adição dos componentes, não ocasionando o aumento do tamanho do circuito. Já a desvantagem, está relacionada à precisão do casamento com os elementos reais. Devido a dificuldade de encontrar exatamente o componente calculado, tendo que ser muitas vezes um elemento próximo ao calculado. Com isso, teremos um casamento aproximado, e não um sistema completamente casado. Outra desvantagem, é referente à aquisição destes componentes, na qual resulta em um custo significativo para este circuito.

Figura 5 – Casamento por elementos concentrados em L



Fonte:(POZAR, 2004)

2.4 Carta de Smith

Nesta seção será explicitado os conceitos fundamentais a respeito da carta de Smith, para compreender posteriormente a estrutura e aplicação da carta de Smith para a aplicação proposta.

2.4.1 Surgimento da carta de Smith

A Carta de Smith é uma calculadora gráfica utilizada para casar circuitos de uma linha de transmissão. Esta ferramenta surgiu em 1930 por Philip H. Smith. A princípio, era uma forma fácil e simples de evitar cálculos complexos de uma linha de transmissão, sendo necessário apenas o uso de um esquadro e um compasso para sua operação. (WENTWORTH, 2009).

O gráfico de Smith pode ser imaginada como dois gráficos em um. Primeiro, para definir a impedância normalizada, qualquer ponto indefinido de uma LT. Depois, é traçado o coeficiente de reflexão para qualquer ponto ao longo da linha (WENTWORTH, 2009).

2.4.2 Estrutura da carta de Smith

A estrutura da carta de Smith é fundamentada no plano complexo do coeficiente de reflexão de tensão, cuja sua área é restrita a $|\Gamma(z)| \leq 1$ (AMBROSIO, 2020). O coeficiente de reflexão é representando em termos da impedância de carga, como ilustra na Equação 2.8 (POOLE, 2015). E este coeficiente mostrará o quanto de tensão retornará à carga.

$$\Gamma_L = Re(\Gamma_L) + jIm(\Gamma_L) = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2.8)$$

A impedância da carga pode ser normalizada isolando a impedância característica, resultando na Equação 2.10

$$z_L = \frac{Z_L}{Z_0} \quad (2.9)$$

$$\Gamma_L = \frac{(Z_L - 1)/Z_0}{(Z_L + 1)/Z_0} = \frac{z_L - 1}{z_L + 1} \quad (2.10)$$

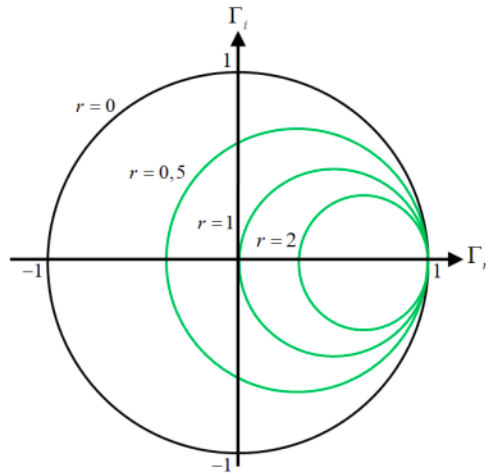
Com a manipulação do coeficiente de reflexão, ilustrado na Equação 2.11, conseguimos obter o conjunto de círculos que trata da parte real da carta de Smith, que corresponde a Figura 6 (WENTWORTH, 2009).

$$\left(\Gamma_r - \frac{r}{r+1}\right)^2 + \Gamma_i^2 = \left(\frac{1}{r+1}\right)^2 \quad (2.11)$$

O conjunto de círculos referente a parte imaginária, ilustrado na Figura 7, corresponde a Equação 2.12, é importante salientar que a reatância normalizada pode ser tanto positiva, negativa ou nula.

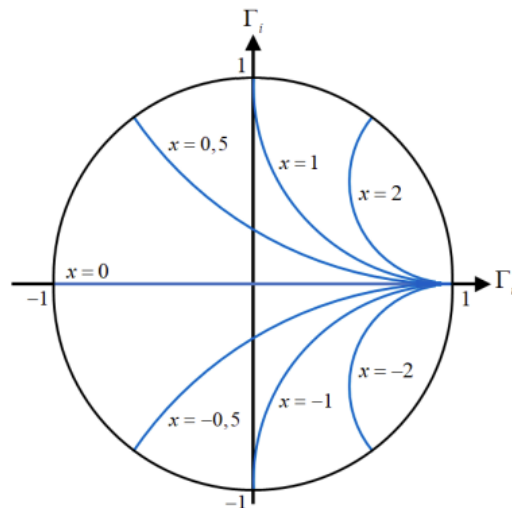
$$(\Gamma_r - 1)^2 + \left(\Gamma_i - \frac{1}{x}\right)^2 = \left(\frac{1}{x}\right)^2 \quad (2.12)$$

Figura 6 – Círculos correspondentes a parte real



Fonte:(AMBROSIO, 2020)

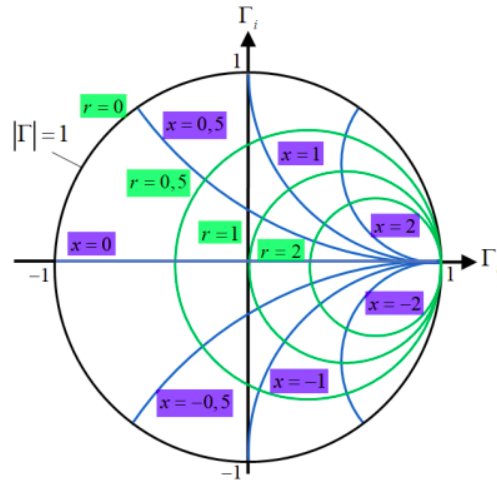
Figura 7 – Círculos correspondentes a parte imaginária



Fonte:(AMBROSIO, 2020)

Com a uniformização dos conjuntos, ou seja, união da parte real com a parte imaginária formamos a base da carta de Smith, como ilustra na [Figura 8](#).

Figura 8 – Gráfico completo



Fonte:(AMBROSIO, 2020)

2.4.3 Casamento de impedância por elementos concentrados utilizando carta de Smith

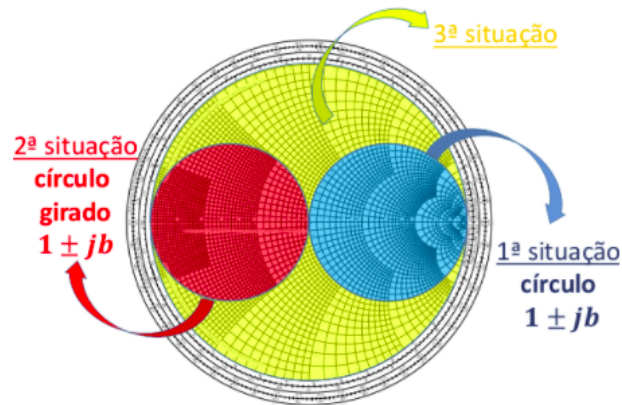
Na [subseção 2.3.1](#), encontra-se a fundamentação teórica do casamento de impedância por elemento concentrado em L. Nesta [subseção 2.4.3](#) será explicado o funcionamento do casamento de impedância por elemento concentrado em L utilizando a carta de Smith.

Para o casamento por elemento concentrado em L, existem três possibilidades, como está demonstrado na [Figura 9](#). A primeira solução, ilustrada na [Figura 10](#), o ponto inicial para análise está dentro do círculo $1 \pm jb$, neste ponto 1 temos a impedância normalizada, e sua admitância encontra-se no ponto 1'. Contudo, do ponto 1' é caminhado pela carta de Smith até chegar ao ponto 2'. Este ponto é rebatido para a carta de impedância normalizada, que corresponde ao ponto 2, e tem como resultado a adição de um elemento reativo em série de valor jx ([WENTWORTH, 2009](#)).

Agora iremos considerar que o ponto para análise está dentro do círculo girado $1 \pm jb$, como apresentado na segunda situação da [Figura 9](#). Neste caso, o ponto inicial encontra-se no ponto 1 da carta de admitância. E é caminhado pela carta até chegar ao ponto 2, no qual é rebatido para carta de impedância, localizada no ponto 2'. Dessa forma, deve-se adicionar ao circuito um elemento reativo em paralelo ([WENTWORTH, 2009](#)).

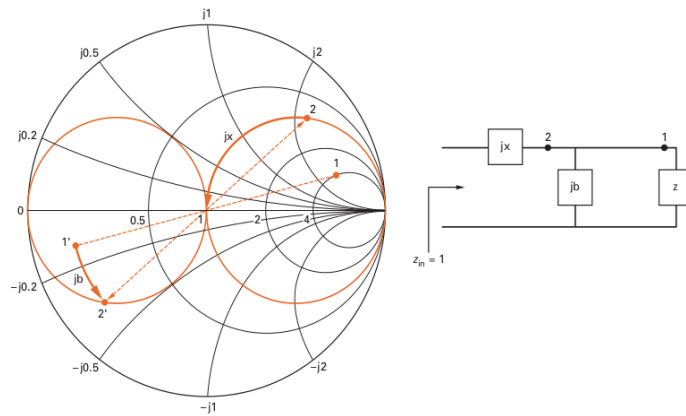
Além disso, quando a carga normalizada se estender do círculo $1 \pm jb$, ou seja, quando ocorrer a situação três, apresentada na [Figura 9](#). Qualquer das duas configurações citadas anteriormente poderão ser abordadas para o casamento ([WENTWORTH, 2009](#)).

Figura 9 – Carta de Smith com situações de casamento de impedância



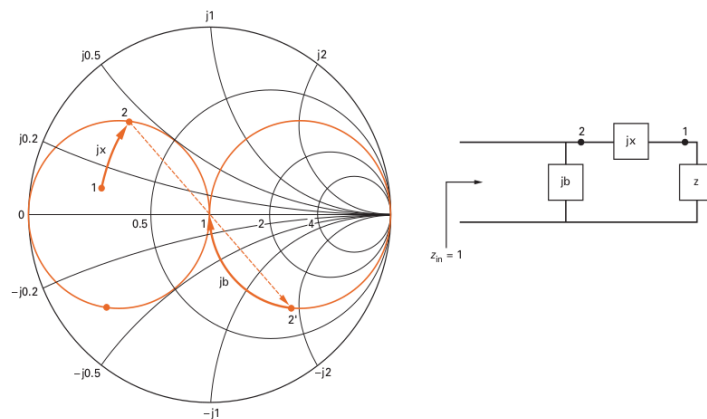
Fonte:(NOGUEIRA, 2020)

Figura 10 – Casamento com x no interior do círculo $1 \pm jx$



Fonte:(WENTWORTH, 2009)

Figura 11 – Casamento com x no interior do círculo $1 \pm jx$ girado



Fonte:(WENTWORTH, 2009)

3 PROPOSTA

Neste capítulo serão apresentadas soluções propostas para o desenvolvimento da plataforma *on-line* aplicando a carta de Smith para análise do casamento de impedância por elementos concentrados tipo L utilizando componentes existentes comercialmente. Inclusive, contará com todos os detalhes dos estágios e metas, no qual serão realizados ao decorrer da elaboração da pesquisa.

Entretanto, para uma melhor compreensão, segmentamos os tópicos da seguinte maneira:

- Desenvolvimento do *software* com elementos concentrados em L;
- Desenvolvimento do *software* com elementos reais;
- Armazenamento dos dados;
- Desenvolvimento da documentação e *API*;
- Desenvolvimento da *API* gráfica de usuário;
- Teste de *software*.

Logo, esta plataforma on-line será um recurso que poderá ser utilizado de forma didática ou comercial em qualquer empresa ou instituição de ensino.

3.1 Desenvolvimento do *software* com elementos concentrados em L

Para não ocorrer reflexão de corrente para uma fonte geradora, é necessário no circuito realizar o casamento de impedância. Esta corrente de retorno é resultado de uma corrente excedente da carga, de forma na qual acaba voltando à fonte geradora.

Em uma linha de transmissão e uma carga, será realizado o casamento de impedância por elemento concentrado em L utilizando a carta de Smith. Ao efetuar os cálculos de forma ideal, serão obtidos alguns parâmetros, como, a impedâncias, admitâncias e coeficientes de reflexão. Com esses parâmetros será determinada a rede de casamento, ou seja, se esses elementos serão indutivo ou capacitivo, em série ou em paralelo.

3.2 Desenvolvimento do *software* com elementos reais

Ao realizar o cálculo com embasamento teórico, será proposto uma nova análise com elementos concentrados reais disponíveis no mercado, sendo sugerido em série e em paralelo, e podendo ser um capacitores ou indutores.

A linguagem de programação abordada para o desenvolvimento deste *software* será o *Python*, pois, devido à sintaxe relativamente simples, é de fácil compreensão e elaboração. Além disso, trás incomplexidade na integração do banco de dados e *API* de usuário.

3.3 Armazenamento dos Dados

Os dados dos componentes comerciais devem ser coletados e armazenados em um banco de dados relacional. Visto que, serão utilizados para realizar a análise do sistema juntamente com a carta de Smith. Outra etapa fundamental, é a construção da modelagem do banco de dados, para que estes componentes possam ser separados por fabricantes e sua tipagem, como indutor e capacitor.

Ao realizar o cálculo de forma ideal, será efetuado um novo cálculo com componente reais, e os valores dos componentes reais serão resgatados do banco de dados de forma comparativa com o modelo ideal. Pretendendo igualar o casamento do método ideal com o real.

A linguagem abordada para o desenvolvimento do banco de dados será o MySQL por ser Open-Source, isso significa, que o código é aberto e o sistema é gratuito. Deste modo, possibilitando modificá-lo de acordo com as nossas especificações. Atualmente este sistema de gerenciamento de banco é o mais utilizado dos dias atuais.

3.4 Documentação e desenvolvimento da API

Na interface de usuários, ao realizar um cálculo de um sistema, será solicitado ao banco de dados os valores dos componentes para análise.

Esta comunicação não deve ser feita de modo direta com a interface de usuários, isto é, entre a comunicação com o banco de dados e a interface de usuário deve ter uma API. Que será responsável por coletar os dados do banco e repassar para a interface de usuário. Isto proporcionará segurança e agilidade ao coletar os dados essenciais para análise do sistema.

A linguagem de programação empregada para o desenvolvimento da API será o *Python* juntamente com o *flask*, além de que, será utilizado a biblioteca SQLAlchemy, no qual realizará o mapeamento de um objeto *SQL*, logo, facilitando a consulta do banco de dados.

3.5 Desenvolvimento interface gráfica de usuário

O desenvolvimento da interface para interação com o usuário será desenvolvido utilizando a linguagem *JavaScript*, *HTML* e *CSS*, sendo auxiliado pelo framework flash que utiliza a linguagem *python*.

3.6 Teste de *software*

Para a concretização e confiabilidade da implementação do *software*, ao longo de sua elaboração serão feitos diversos testes. Sendo tanto na parte do *software*, como na parte da API e interface de usuário.

A princípio, os testes serão realizados de forma mecânica, podendo ser evoluído a testes de unidades.

3.7 Cronograma de Atividades

Na [Tabela 1](#) está ilustrado o cronograma que planejamos para o desenvolvimento e conclusão do projeto.

Tabela 1 – Cronograma das atividades previstas

| Etapa | Meses | | | | | |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|--------|
| | Março | Abril | Maió | Junho | Julho | Agosto |
| 1 | ✓ | | | | | |
| 2 | | ✓ | | | | |
| 3 | | ✓ | | | | |
| 4 | | | ✓ | | | |
| 5 | | | | ✓ | ✓ | |
| 6 | | | | | | ✓ |

- Etapa 1: Apresentação da proposta para a banca examinadora;
- Etapa 2: Desenvolvimento do banco de dados e implementação da documentação da API;
- Etapa 3: Desenvolvimento da interface web, e comunicação com o banco de dados;
- Etapa 4: Testes e validação das implementações;
- Etapa 5: Produção do documento final;
- Etapa 6: Apresentação final.

REFERÊNCIAS

- AMBROSIO, L. A. *Carta de Smith*. 2020. Disponível em: <<http://www.sel.eesc.usp.br/leonardo/SEL0612/Mar19.pdf>>. Acesso em: 15 março 2022. Citado 3 vezes nas páginas 18, 19 e 20.
- BRITANNICA, T. E. of E. *Electrical Impedance*. 2008. Disponível em: <<https://www.britannica.com/science/electrical-impedance>>. Acesso em: 13 março 2022. Citado na página 13.
- GOMES, A. T. *Telecomunicações: Transmissão e Recepção AM/FM*. 16. ed. [S.l.]: Editora Érica, 1998. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 16.
- MARKOVIC, M. *Impedance*. 2021. Disponível em: <<https://ximera.osu.edu/electromagnetics/electromagnetics/impedanceMatching/digInPoweronTL>>. Acesso em: 14 março 2022. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 17.
- NOGUEIRA, E. M. B. *Casamento por elementos concentrados*. 2020. Acesso em: 20 março 2022. Citado na página 21.
- NOGUEIRA, W. *O Que É Impedância*. 2019. Disponível em: <<https://www.whcengenharia.com.br/post/o-que-%C3%A9-imped%C3%A2ncia>>. Acesso em: 19 fevereiro 2022. Citado na página 11.
- POOLE, I. D. C. *Microwave Active Circuit Analysis and Design*. 1. ed. Academic Press, 2015. ISBN 0124078230,9780124078239. Disponível em: <<http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=cdf9d6f1297674ef4cb05d11ed7660dd>>. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 18.
- POZAR, D. M. *Microwave Engineering*. 3. ed. [s.n.], 2004. ISBN 9780471448785; 0471448788. Disponível em: <libgen.li/file.php?md5=15a5740d8fde613b0f49b04bff884a38>. Citado na página 17.
- TECHTARGET. *Impedance*. 2021. Disponível em: <<https://whatis.techtarget.com/definition/impedance>>. Acesso em: 13 março 2022. Citado na página 14.
- TECNOGERA. *Descubra o conceito de impedância elétrica e aprenda a calculá-la*. 2016. Disponível em: <<https://www.tecnogera.com.br/blog/descubra-o-conceito-de-impedancia-eletrica-e-aprenda-a-calcula-la>>. Acesso em: 19 fevereiro 2022. Citado na página 11.
- WENTWORTH, S. M. *Eletromagnetismo aplicado, abordagem antecipada das linhas de transmissão*. [S.l.]: Bookman, 2009. Citado 5 vezes nas páginas 15, 17, 18, 20 e 21.