|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**   1. **ESCOLA POLITÉCNICA** 2. **COLEGIADO DO CURSO DE ENG. ELÉTRICA** |  |

1. **João Pedro Caires Ferreira**
2. **SIMULOAD: Simulador de Curvas de Carga**
3. **Orientador: Prof. Dr. André Luiz de Carvalho Valente**
4. **Salvador-Ba - Brasil**
5. **30 de Junho de 2023**
6. **João Pedro Caires Ferreira**
7. **SIMULOAD: Simulador de Curvas de Carga**

Projeto apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Engenheiro(a) Eletricista.

1. **Orientador: Prof. Dr. André Luiz de Carvalho Valente**
2. **Salvador-Ba - Brasil**
3. **30 de Junho de 2023**
4. **João Pedro Caires Ferreira**
5. **SIMULOAD: Simulador de Curvas de Carga**

Projeto apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Engenheiro(a) Eletricista.

Trabalho aprovado. Salvador-Ba – Brasil, 30 de Junho de 2023:

**-------------------------------------------------------**

**Orientador(a): Prof. Dr. André Luiz de Carvalho Valente**

**-------------------------------------------------------**

**Prof. Dr. W**

**------------------------------------------------------**

**Prof. Dr. X**

1. **Salvador-Ba – Brasil**
2. **30 de Junho de 2023**
3. *Este trabalho é dedicado...*
4. **Agradecimentos**

Agradeço por ter saúde...

“Liberdade não é fazer o que se quer, mas querer o que se faz.”

(Jean-Paul Sartre)

1. **Resumo**

O resumo deve ressaltar o objetivo, o método, os resultados e as conclusões do documento.

Video provides a powerful way to help you prove your point. When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add. You can also type a keyword to search online for the video that best fits your document.

To make your document look professionally produced, Word provides header, footer, cover page, and text box designs that complement each other. For example, you can add a matching cover page, header, and sidebar. Click Insert and then choose the elements you want from the different galleries.

**Palavras-chave**: Word, CCEE, Politécnica.

1. **Abstract**

This is the english abstract.

**Keywords**: Word, CCEE, Politécnica.

**Lista de Figuras**

[Fig. 1 Sistema de controle. 25](#_Toc65700065)

[Fig. 2 Motor 28](#_Toc65700066)

[Fig. 3 Linha de Transmissão 29](#_Toc65700067)

1. **Lista de Tabelas**

**Lista de Abreviaturas e Siglas**

**Lista de Símbolos**

Sumário

[Capítulo 1: Introdução 1](#__RefHeading___Toc783_3772085703)

[1.1 Título da primeira seção 2](#__RefHeading___Toc785_3772085703)

[1.1.1 Título da subseção. 3](#__RefHeading___Toc787_3772085703)

[Capítulo 2: Objetivos 4](#__RefHeading___Toc789_3772085703)

[2.1 Objetivo Geral 4](#__RefHeading___Toc791_3772085703)

[2.2 Objetivos Específicos 5](#__RefHeading___Toc793_3772085703)

[2.2.1 Requisitos Funcionais. 5](#__RefHeading___Toc795_3772085703)

[Capítulo 3: Título do Capítulo 6](#__RefHeading___Toc797_3772085703)

[3.1 Título da primeira seção do terceiro capítulo 6](#__RefHeading___Toc799_3772085703)

[3.1.1 Título da subseção do terceiro capítulo. 7](#__RefHeading___Toc801_3772085703)

[Capítulo 4: Título do Capítulo 10](#__RefHeading___Toc803_3772085703)

[4.1 Título da primeira seção do quarto capítulo 11](#__RefHeading___Toc805_3772085703)

[4.1.1 Título da subseção do quarto capítulo. 11](#__RefHeading___Toc807_3772085703)

[Capítulo 5: Título do Capítulo 12](#__RefHeading___Toc809_3772085703)

[5.1 Título da primeira seção do quinto capítulo 12](#__RefHeading___Toc811_3772085703)

[5.1.1 Título da subseção do quinto capítulo. 13](#__RefHeading___Toc813_3772085703)

[Capítulo 6: Título do Capítulo 14](#__RefHeading___Toc815_3772085703)

[6.1.1 Título da primeira seção do sexto capítulo 14](#__RefHeading___Toc817_3772085703)

[6.1.2 Título da subseção do sexto capítulo. 15](#__RefHeading___Toc819_3772085703)

[Referências 16](#__RefHeading___Toc821_3772085703)

[Apêndice A – Dinâmica do motor de indução 17](#__RefHeading___Toc823_3772085703)

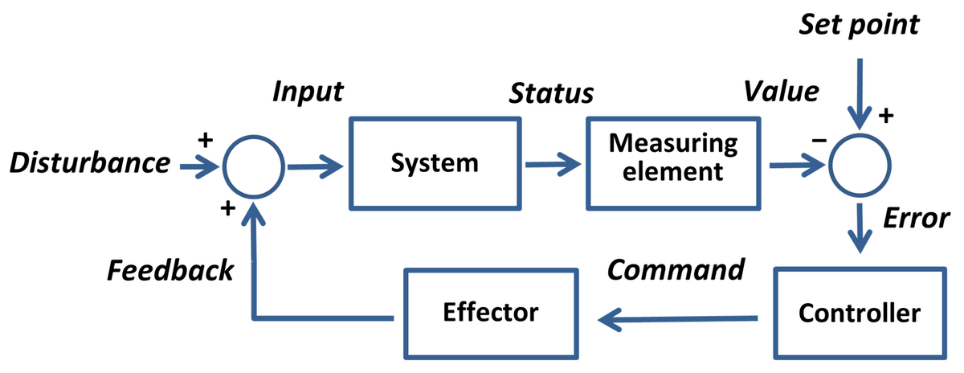
# **Introdução**

A simulação de curvas de carga é uma atividade fundamental na distribuição de energia elétrica, permitindo que as empresas do setor planejem e controlem a demanda de energia de forma eficiente e segura. Com a simulação de curvas de carga, é possível determinar o perfil de consumo de uma determinada rede de distribuição, identificar pontos críticos que podem gerar sobrecargas e avaliar o desempenho da rede em situações de pico de demanda. Nesse sentido, o software Simuload é uma ferramenta importante para o aprendizado da simulação de curvas de carga em redes de distribuição de baixa tensão, pois oferece aos estudantes uma maneira eficiente e precisa de simular curvas de carga, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades técnicas importantes para a atuação na área de Engenharia Elétrica.

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso é apresentar o software Simuload e sua metodologia de desenvolvimento, bem como discutir sua eficácia como ferramenta didática para simulação de curvas de carga em redes de distribuição de baixa tensão. Para isso, foi realizada uma análise dos resultados obtidos por uma dupla de alunos que utilizou o Simuload para simular curvas de carga em uma rede de distribuição de energia elétrica, comparando-os com outros métodos utilizados para simulação de curvas de carga.

O trabalho está estruturado da seguinte forma: após esta introdução, será apresentada uma revisão bibliográfica sobre a simulação de curvas de carga em redes de distribuição de energia elétrica, seguida pela descrição detalhada do software Simuload e sua metodologia de desenvolvimento. Com esta pesquisa, espera-se contribuir para o desenvolvimento de ferramentas didáticas eficientes para o ensino de simulação de curvas de carga em redes de distribuição de baixa tensão, promovendo uma formação mais completa e qualificada para os estudantes de Engenharia Elétrica.

Fig. 1 Sistema de controle.



When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add. You can also type a keyword to search online for the video that best fits your document. To make your document look professionally produced, Word provides header, footer, cover page, and text box designs that complement each other. For example, you can add a matching cover page, header, and sidebar.

Click Insert and then choose the elements you want from the different galleries. Themes and styles also help keep your document coordinated. When you click Design and choose a new Theme, the pictures, charts, and SmartArt graphics change to match your new theme. When you apply styles, your headings change to match the new theme.

Save time in Word with new buttons that show up where you need them. To change the way a picture fits in your document, click it and a button for layout options appears next to it. When you work on a table, click where you want to add a row or a column, and then click the plus sign. Reading is easier, too, in the new Reading view.

You can collapse parts of the document and focus on the text you want. If you need to stop reading before you reach the end, Word remembers where you left off - even on another device. Video provides a powerful way to help you prove your point. When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add.

## Título da primeira seção

Video provides a powerful way to help you prove your point. When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add.

You can also type a keyword to search online for the video that best fits your document. To make your document look professionally produced, Word provides header, footer, cover page, and text box designs that complement each other.

For example, you can add a matching cover page, header, and sidebar. Click Insert and then choose the elements you want from the different galleries.

### Título da subseção.

Video provides a powerful way to help you prove your point. When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add. You can also type a keyword to search online for the video that best fits your document. To make your document look professionally produced, Word provides header, footer, cover page, and text box designs that complement each other.

For example, you can add a matching cover page, header, and sidebar. Click Insert and then choose the elements you want from the different galleries. Themes and styles also help keep your document coordinated. When you click Design and choose a new Theme, the pictures, charts, and SmartArt graphics change to match your new theme.

# **Objetivos**

O capítulo de objetivos tem como propósito definir de forma clara e concisa os resultados almejados com o desenvolvimento e utilização do software Simuload. Neste capítulo, serão apresentados os objetivos gerais e específicos do trabalho, proporcionando uma visão abrangente das metas a serem alcançadas. Os objetivos estabelecidos serão fundamentais para direcionar o desenvolvimento do software e guiar a análise e avaliação dos resultados obtidos.

## **Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho é apresentar o software Simuload e sua metodologia de desenvolvimento, bem como avaliar sua eficácia como ferramenta didática para a simulação de curvas de carga em redes de distribuição de baixa tensão. Para isso, serão realizadas simulações de curvas de carga em uma rede de distribuição de energia elétrica, utilizando o Simuload como ferramenta principal, a fim de demonstrar sua capacidade de simulação de uma forma didática.

A criação do software Simuload foi motivada pela necessidade de se ter uma ferramenta didática que pudesse auxiliar na simulação de curvas de carga em redes de distribuição de baixa tensão. Sua funcionalidade consiste em permitir a simulação de curvas de carga de redes de distribuição de baixa tensão, oferecendo uma interface intuitiva e de fácil utilização para os usuários.

Por meio da utilização do Simuload, espera-se que seja possível contribuir para o desenvolvimento de habilidades técnicas importantes para a atuação na área de Engenharia Elétrica, tais como a capacidade de simular e analisar curvas de carga em redes de distribuição de energia elétrica, bem como a capacidade de compreender e aplicar conceitos relacionados à gestão de demanda de energia elétrica. Com isso, espera-se que este trabalho possa contribuir para a disseminação do conhecimento sobre a simulação de curvas de carga em redes de distribuição de energia elétrica, bem como para o aprimoramento da formação de estudantes e profissionais da área de Engenharia Elétrica.

O objetivo geral é, portanto, avaliar a eficiência e usabilidade do software Simuload para facilitar o processo de estudo e aprendizagem de curvas de carga, e os objetivos específicos visam a identificação de limitações e proposição de melhorias para aprimorar o software.

## **Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos deste trabalho incluem a avaliação da eficiência e usabilidade do software Simuload para a simulação de curvas de carga, a identificação de possíveis limitações ou dificuldades no uso do software, e a proposição de melhorias e aprimoramentos para torná-lo ainda mais didático e útil para fins de aprendizagem. Serão realizadas simulações de curvas de carga utilizando o software Simuload em diferentes cenários, e os resultados obtidos serão utilizados para avaliar a eficiência do software em facilitar o processo de elaboração e estudo de curvas de carga. Além disso, serão realizadas análises para identificar possíveis limitações ou dificuldades no uso do software, de forma a propor melhorias e aprimoramentos que possam torná-lo ainda mais didático e útil para fins de aprendizagem.

### Requisitos Funcionais.

Os requisitos funcionais estabelecidos para o Simuload, os objetivos específicos deste trabalho são:

Desenvolver botões, telas e gráficos de curva totalmente funcionais, permitindo a criação de simulações de curva de carga de redes de distribuição de baixa tensão de forma simples e intuitiva;

Criar um banco de dados funcional com integridade dos dados das entidades, garantindo a correta representação dos dados utilizados nas simulações de curva de carga;

Assegurar a integridade dos dados nas curvas de carga simuladas, verificando a precisão das simulações e a consistência dos resultados obtidos;

Incluir modelos de exemplo padrões mapeados do PPH 2019, relatório do Procel, que permitam ao usuário realizar simulações com dados reais e comparar os resultados obtidos com os dados já consolidados;

Calcular a faixa de carregamento do transformador, possibilitando a verificação das limitações de carga em um determinado transformador;

Permitir a exportação das simulações para um arquivo .CSV, para que os resultados possam ser facilmente analisados e compartilhados.

# Título do Capítulo

Video provides a powerful way to help you prove your point. When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add. You can also type a keyword to search online for the video that best fits your document. To make your document look professionally produced, Word provides header, footer, cover page, and text box designs that complement each other. For example, you can add a matching cover page, header, and sidebar. Click Insert and then choose the elements you want from the different galleries. Themes and styles also help keep your document coordinated.

When you click Design and choose a new Theme, the pictures, charts, and SmartArt graphics change to match your new theme. When you apply styles, your headings change to match the new theme. Save time in Word with new buttons that show up where you need them. To change the way a picture fits in your document, click it and a button for layout options appears next to it. When you work on a table, click where you want to add a row or a column, and then click the plus sign. Reading is easier, too, in the new Reading view. You can collapse parts of the document and focus on the text you want.

## Título da primeira seção do terceiro capítulo

Video provides a powerful way to help you prove your point. When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add. You can also type a keyword to search online for the video that best fits your document. To make your document look professionally produced, Word provides header, footer, cover page, and text box designs that complement each other. For example, you can add a matching cover page, header, and sidebar. Click Insert and then choose the elements you want from the different galleries.

Themes and styles also help keep your document coordinated. When you click Design and choose a new Theme, the pictures, charts, and SmartArt graphics change to match your new theme. When you apply styles, your headings change to match the new theme. Save time in Word with new buttons that show up where you need them. To change the way a picture fits in your document, click it and a button for layout options appears next to it. When you work on a table, click where you want to add a row or a column, and then click the plus sign.

Reading is easier, too, in the new Reading view. You can collapse parts of the document and focus on the text you want. If you need to stop reading before you reach the end, Word remembers where you left off - even on another device. Video provides a powerful way to help you prove your point. When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add. You can also type a keyword to search online for the video that best fits your document.

To make your document look professionally produced, Word provides header, footer, cover page, and text box designs that complement each other. For example, you can add a matching cover page, header, and sidebar. Click Insert and then choose the elements you want from the different galleries. Themes and styles also help keep your document coordinated. When you click Design and choose a new Theme, the pictures, charts, and SmartArt graphics change to match your new theme. When you apply styles, your headings change to match the new theme.

### Título da subseção do terceiro capítulo.

Video provides a powerful way to help you prove your point. When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add. You can also type a keyword to search online for the video that best fits your document. To make your document look professionally produced, Word provides header, footer, cover page, and text box designs that complement each other. For example, you can add a matching cover page, header, and sidebar. Click Insert and then choose the elements you want from the different galleries. Themes and styles also help keep your document coordinated. When you click Design and choose a new Theme, the pictures, charts, and SmartArt graphics change to match your new theme.

When you apply styles, your headings change to match the new theme. Save time in Word with new buttons that show up where you need them. To change the way a picture fits in your document, click it and a button for layout options appears next to it. When you work on a table, click where you want to add a row or a column, and then click the plus sign. Reading is easier, too, in the new Reading view. You can collapse parts of the document and focus on the text you want. If you need to stop reading before you reach the end, Word remembers where you left off - even on another device. Video provides a powerful way to help you prove your point.

When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add. You can also type a keyword to search online for the video that best fits your document. To make your document look professionally produced, Word provides header, footer, cover page, and text box designs that complement each other. For example, you can add a matching cover page, header, and sidebar. Click Insert and then choose the elements you want from the different galleries. Themes and styles also help keep your document coordinated. When you click Design and choose a new Theme, the pictures, charts, and SmartArt graphics change to match your new theme. When you apply styles, your headings change to match the new theme.

Save time in Word with new buttons that show up where you need them. To change the way a picture fits in your document, click it and a button for layout options appears next to it. When you work on a table, click where you want to add a row or a column, and then click the plus sign. Reading is easier, too, in the new Reading view. You can collapse parts of the document and focus on the text you want. If you need to stop reading before you reach the end, Word remembers where you left off - even on another device. Video provides a powerful way to help you prove your point. When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add.

You can also type a keyword to search online for the video that best fits your document. To make your document look professionally produced, Word provides header, footer, cover page, and text box designs that complement each other. For example, you can add a matching cover page, header, and sidebar. Click Insert and then choose the elements you want from the different galleries. Themes and styles also help keep your document coordinated. When you click Design and choose a new Theme, the pictures, charts, and SmartArt graphics change to match your new theme. When you apply styles, your headings change to match the new theme. Save time in Word with new buttons that show up where you need them.

# Título do Capítulo

Video provides a powerful way to help you prove your point. When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add. You can also type a keyword to search online for the video that best fits your document. To make your document look professionally produced, Word provides header, footer, cover page, and text box designs that complement each other. For example, you can add a matching cover page, header, and sidebar. Click Insert and then choose the elements you want from the different galleries. Themes and styles also help keep your document coordinated. When you click Design and choose a new Theme, the pictures, charts, and SmartArt graphics change to match your new theme.

When you apply styles, your headings change to match the new theme. Save time in Word with new buttons that show up where you need them. To change the way a picture fits in your document, click it and a button for layout options appears next to it. When you work on a table, click where you want to add a row or a column, and then click the plus sign. Reading is easier, too, in the new Reading view. You can collapse parts of the document and focus on the text you want. If you need to stop reading before you reach the end, Word remembers where you left off - even on another device. Video provides a powerful way to help you prove your point.

When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add. You can also type a keyword to search online for the video that best fits your document. To make your document look professionally produced, Word provides header, footer, cover page, and text box designs that complement each other. For example, you can add a matching cover page, header, and sidebar. Click Insert and then choose the elements you want from the different galleries. Themes and styles also help keep your document coordinated. When you click Design and choose a new Theme, the pictures, charts, and SmartArt graphics change to match your new theme. When you apply styles, your headings change to match the new theme.

## Título da primeira seção do quarto capítulo

Video provides a powerful way to help you prove your point. When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add. You can also type a keyword to search online for the video that best fits your document.

To make your document look professionally produced, Word provides header, footer, cover page, and text box designs that complement each other. For example, you can add a matching cover page, header, and sidebar. Click Insert and then choose the elements you want from the different galleries.

Themes and styles also help keep your document coordinated. When you click Design and choose a new Theme, the pictures, charts, and SmartArt graphics change to match your new theme. When you apply styles, your headings change to match the new theme.

### Título da subseção do quarto capítulo.

Video provides a powerful way to help you prove your point. When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add.

You can also type a keyword to search online for the video that best fits your document. To make your document look professionally produced, Word provides header, footer, cover page, and text box designs that complement each other.

For example, you can add a matching cover page, header, and sidebar. Click Insert and then choose the elements you want from the different galleries.

# Título do Capítulo

Video provides a powerful way to help you prove your point. When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add. You can also type a keyword to search online for the video that best fits your document.

To make your document look professionally produced, Word provides header, footer, cover page, and text box designs that complement each other. For example, you can add a matching cover page, header, and sidebar. Click Insert and then choose the elements you want from the different galleries.

Themes and styles also help keep your document coordinated. When you click Design and choose a new Theme, the pictures, charts, and SmartArt graphics change to match your new theme. When you apply styles, your headings change to match the new theme.

Save time in Word with new buttons that show up where you need them. To change the way a picture fits in your document, click it and a button for layout options appears next to it. When you work on a table, click where you want to add a row or a column, and then click the plus sign.

## Título da primeira seção do quinto capítulo

Video provides a powerful way to help you prove your point. When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add. You can also type a keyword to search online for the video that best fits your document.

To make your document look professionally produced, Word provides header, footer, cover page, and text box designs that complement each other. For example, you can add a matching cover page, header, and sidebar. Click Insert and then choose the elements you want from the different galleries.

Themes and styles also help keep your document coordinated. When you click Design and choose a new Theme, the pictures, charts, and SmartArt graphics change to match your new theme. When you apply styles, your headings change to match the new theme.

Save time in Word with new buttons that show up where you need them. To change the way a picture fits in your document, click it and a button for layout options appears next to it. When you work on a table, click where you want to add a row or a column, and then click the plus sign.

Reading is easier, too, in the new Reading view. You can collapse parts of the document and focus on the text you want. If you need to stop reading before you reach the end, Word remembers where you left off - even on another device.

### Título da subseção do quinto capítulo.

Video provides a powerful way to help you prove your point. When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add. You can also type a keyword to search online for the video that best fits your document. To make your document look professionally produced, Word provides header, footer, cover page, and text box designs that complement each other.

For example, you can add a matching cover page, header, and sidebar. Click Insert and then choose the elements you want from the different galleries. Themes and styles also help keep your document coordinated. When you click Design and choose a new Theme, the pictures, charts, and SmartArt graphics change to match your new theme.

# Título do Capítulo

Video provides a powerful way to help you prove your point. When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add. You can also type a keyword to search online for the video that best fits your document. To make your document look professionally produced, Word provides header, footer, cover page, and text box designs that complement each other. For example, you can add a matching cover page, header, and sidebar.

Click Insert and then choose the elements you want from the different galleries. Themes and styles also help keep your document coordinated. When you click Design and choose a new Theme, the pictures, charts, and SmartArt graphics change to match your new theme. When you apply styles, your headings change to match the new theme. Save time in Word with new buttons that show up where you need them.

### Título da primeira seção do sexto capítulo

Video provides a powerful way to help you prove your point. When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add. You can also type a keyword to search online for the video that best fits your document.

To make your document look professionally produced, Word provides header, footer, cover page, and text box designs that complement each other. For example, you can add a matching cover page, header, and sidebar. Click Insert and then choose the elements you want from the different galleries.

Themes and styles also help keep your document coordinated. When you click Design and choose a new Theme, the pictures, charts, and SmartArt graphics change to match your new theme. When you apply styles, your headings change to match the new theme.

Save time in Word with new buttons that show up where you need them. To change the way a picture fits in your document, click it and a button for layout options appears next to it. When you work on a table, click where you want to add a row or a column, and then click the plus sign.

Reading is easier, too, in the new Reading view. You can collapse parts of the document and focus on the text you want. If you need to stop reading before you reach the end, Word remembers where you left off - even on another device.

Video provides a powerful way to help you prove your point. When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add. You can also type a keyword to search online for the video that best fits your document.

To make your document look professionally produced, Word provides header, footer, cover page, and text box designs that complement each other. For example, you can add a matching cover page, header, and sidebar. Click Insert and then choose the elements you want from the different galleries.

Themes and styles also help keep your document coordinated. When you click Design and choose a new Theme, the pictures, charts, and SmartArt graphics change to match your new theme. When you apply styles, your headings change to match the new theme.

### Título da subseção do sexto capítulo.

Video provides a powerful way to help you prove your point. When you click Online Video, you can paste in the embed code for the video you want to add. You can also type a keyword to search online for the video that best fits your document. To make your document look professionally produced, Word provides header, footer, cover page, and text box designs that complement each other. For example, you can add a matching cover page, header, and sidebar. Click Insert and then choose the elements you want from the different galleries. Themes and styles also help keep your document coordinated. When you click Design and choose a new Theme, the pictures, charts, and SmartArt graphics change to match your new theme. When you apply styles, your headings change to match the new theme.

# Referências

ERICKSON, Robert W.; MAKSIMOVIC, Dragan. **Fundamentals of power electronics**. Springer Science & Business Media, 2007.

CHEN, Jingquan; MAKSIMOVIC, Dragan; ERICKSON, Robert W. Analysis and design of a low-stress buck-boost converter in universal-input PFC applications. **IEEE Transactions on Power Electronics**, v. 21, n. 2, p. 320-329, 2006.

# Apêndice A – Dinâmica do motor de indução