



Estrutura das Disciplinas que devem ser agregadas na formação de Técnicos e Engenheiros dedicados à Proteção de Sistemas Elétricos

Área: 02. Gestão de Cursos, Projetos Pedagógicos e Avaliações de Cursos e Institucionais

Júlio César Marques de Lima
Paulo Sérgio Pereira
Paulo Sérgio Pereira Júnior



Introdução

- ✓ O trabalho apresenta uma análise das disciplinas ofertadas atualmente na formação dos engenheiros eletricistas no Brasil.
- ✓ Realça as mudanças tecnológicas que estão ocorrendo no sistema elétrico, analisa as grades curriculares existente e propõe a inclusão de conteúdos em disciplinas existentes e também sugere novas disciplinas para que as universidades possam agregar valor na formação de engenheiros para as equipes de Proteção visando atender as necessidades das áreas de:
 - Engenharia;
 - Manutenção;
 - Operação.

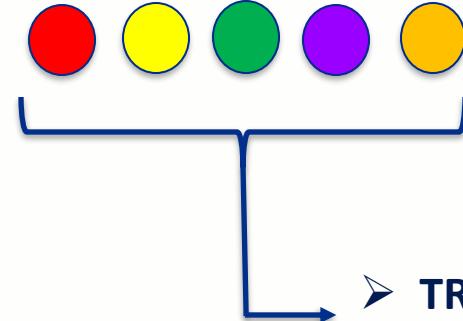
Contextualização

✓ Até 20 anos atrás:

- O reflexo da evolução tecnológica acontecia à medida que os fabricantes disponibilizavam os produtos (eletromecânicos, estáticos e numéricos de primeira geração), e isso implicava em treinamentos específicos desses equipamentos.
- As universidades ofereciam disciplinas optativas, complementavam o currículo e assim atendiam as necessidades do mercado.
- O Engenheiro chegava ao mercado com conhecimentos que atendiam a mais de 90% da demanda das empresas.

Contextualização

- ✓ **Modelo tradicional da participação das universidades na formação do conhecimento dos engenheiros para as empresas do setor elétrico.**



- TREINAMENTOS EM RELÉS ESPECÍFICOS.
- CONTEÚDO RELATIVAMENTE PEQUENO COMPARADO AO CONTEÚDO ENSINADO NAS UNIVERSIDADES.

Contextualização

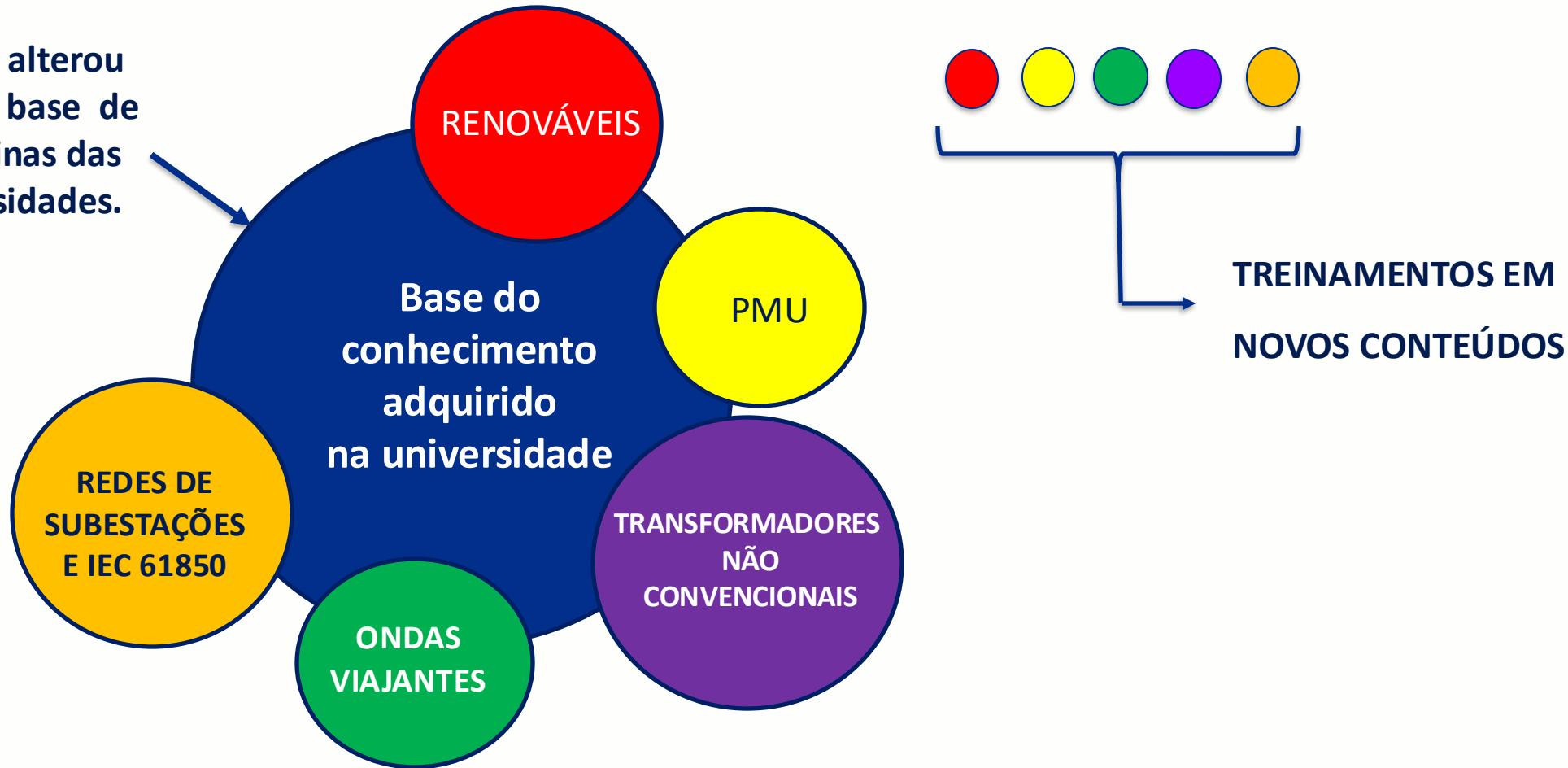
✓ **Situação dos últimos 20 anos e atual:**

- Nos últimos 20 anos, a integração de fontes de energia renováveis e a integração da tecnologia de processamento digital de sinais no sistema elétrico levaram a grandes mudanças:
 1. Mudanças no conceito de geração (fontes renováveis, geração distribuída).
 2. Medição sincronizada de fasores (PMU's).
 3. Detecção e localização de faltas por ondas viajantes (TW).
 4. Transformadores de corrente e potencial não convencionais.
 5. Digitalização das Subestações: *Merging Units*, Barramento de Processos, Norma IEC 61850, etc.

Contextualização

- ✓ Nos últimos 20 anos aumentaram as demandas por formação em novos conteúdos.

Não se alterou muito a base de disciplinas das universidades.



Metodologia: Análise das Grades Curriculares Existentes

- ✓ Este trabalho sugere conteúdos de disciplinas e como inseri-los nos currículos das universidades para que os jovens engenheiros possam chegar ao mercado com uma formação mais próxima da necessidade das empresas.
- ✓ Foram analisadas as grades curriculares de 8 cursos de Engenharia Elétrica: PUC Minas, Universidade de Brasília, USP, Universidade Estadual de Campinas, UERJ, UNIFEI, UFRJ e UFU.
- ✓ No geral, o currículo mínimo para a formação de engenheiros eletricistas com ênfase em sistemas de energia inclui disciplinas do ciclo básico, disciplinas básicas e do ciclo profissionalizante da Engenharia Elétrica e disciplinas de áreas complementares.

Metodologia: Análise das Grades Curriculares Existentes

- a) Disciplinas de áreas complementares:** Administração, direito, economia, etc.
- b) Disciplinas do ciclo básico:** Matemática, Física e Química:
 - **Matemática:** Funções, equações diferenciais, diferenciais parciais, transformada de Laplace, Funções de Bessel, etc.
 - **Física:** Campos elétricos e magnéticos.
 - **Química:** Conceitos gerais, materiais.
- c) Disciplinas da parte básica de Engenharia Elétrica:** Circuitos elétricos, Medidas elétricas, sistemas lineares, eletricidade industrial, eletrônica analógica e digital, microprocessadores.

Metodologia: Análise das Grades Curriculares Existentes

d) Disciplinas **profissionalizantes** com ênfase em **sistemas de energia** (em caráter obrigatório ou optativo):

- Máquinas Elétricas e Transformadores [**MAQ**];
- Análise de Sistemas Elétricos (Curto Circuito) [**ASE**];
- Fluxo de Potência [**FLP**];
- Estabilidade de Sistemas Elétricos [**ESE**];
- Eletrônica de Potência (Industrial) [**ELP**];
- Linhas de Energia Elétrica [**LEE**];
- Estudo de Transitórios Eletromagnéticos [**ETE**];
- Proteção de Sistemas Elétricos [**PSE**].

A PROPOSTA SUGERIDA

Impacto nas Grades Curriculares

Tabela 1
Fontes de Energias Renováveis
(Smart Grids, Impactos na Proteção e Automação)

Nova Disciplina Tópicos I = 32 hs.

Inserir nas disciplinas existentes:

Eletrônica de Potencia: 8hs

Curto Circuito : 4hs

Estabilidade: 4hs.

Proteção : 8hs.

Total: 56 hs.

Necessidades - Engenharia	Necessidades - Manutenção	Necessidades - Operação
Conteúdo comum a todos: Engenharia, Operação e Manutenção		
Modelagem e características funcionais das renováveis. Aspectos de projeto. Opções de oferta de equipamentos de energias renováveis. Normas associadas. Carga horária: 8 horas		
Disciplina: Eletrônica de Potência		
Aspectos de dimensionamento e especificação desses sistemas de energia renováveis. Carga horária: 8 horas	Procedimentos de manutenção dos sistemas de proteção e controle desses novos sistemas. Instrumentação necessária. Carga horária: 8 horas	Estudos dos impactos desses sistemas de renováveis na operação da rede sob os aspectos de curto circuito e estabilidade. Carga horária: 8 horas
Disciplina: Tópicos Especiais I	Disciplina: Tópicos Especiais I	Disciplina de Curto Circuito (4h) e Disciplina de Estabilidade (4h)
Aspectos a serem considerados para a especificação da compra, recepção e testes em fábrica de sistemas de sistema de energias renováveis. Normas. Carga horária: 8 horas	Manutenções periódicas: Lista de tarefas, procedimentos e a periodicidades a serem seguidas na manutenção dos sistemas de proteção e automação. Carga horária: 8 horas	Análise de oscilografia dos transitórios causados pelas renováveis e estudo de casos visando amadurecimento dos alunos nessas análises. Carga horária: 8 horas
Disciplina: Tópicos Especiais I	Disciplina: Tópicos Especiais I	Disciplina: Proteção

Impacto nas Grades Curriculares

Tabela 2 - PMU's

Nova Disciplina: Tópicos II
Total 32 hs.

Necessidades - Engenharia	Necessidades - Manutenção	Necessidades - Operação
Conteúdo comum a todos: Engenharia, Operação e Manutenção		
Conceito das PMU's, diagrama de blocos, aspectos construtivos e filosofia de aplicação. Definição de erros, e normas relacionadas. Estrutura do sistema envolvendo o PDC. Protocolos. Carga horária: 8 horas		
Disciplina: Tópicos Especiais II		
Definição dos parâmetros que definem a especificação para compra dos sistemas baseados em PMU's. Carga horária: 4 horas	Ferramentas para testes de PMU's em campo e em laboratório. Carga horária: 4 horas	Ferramentas (software) para captação de dados das PMU's a distância. Carga horária: 4 horas
Disciplina: Tópicos Especiais II	Disciplina: Tópicos Especiais II	Disciplina: Tópicos Especiais II
Procedimentos para testes em fabrica de PMU's. Normas. Carga horária: 4h	Procedimentos para testes de manutenções periódicas em PMU's. Carga horária: 4h	Utilização dos dados das PMU's para interpretação de distúrbios no sistema. Carga horária: 4h
Disciplina: Tópicos Especiais II	Disciplina: Tópicos Especiais II	Disciplina: Tópicos Especiais II

Impacto nas Grades Curriculares

Tabela 3
IEDs que Trabalham com Ondas Viajantes

Nova Disciplina:
Tópicos III - 36 hs.

Inserir na Disciplina Proteção: 4hs.

Total= 40 hs.

Necessidades - Engenharia	Necessidades - Manutenção	Necessidades - Operação
Conteúdo comum a todos: Engenharia, Operação e Manutenção		
Princípio de funcionamento dos IED's com ondas viajantes, localização da falta e estrutura dos IEDs. Carga horária: 4 horas		
Disciplina: Incluir na disciplina Proteção		
Aspectos da especificação para a compra de novos IEDs. Carga horária: 4 horas	Ferramentas para Testes e parametrização de IEDs que trabalham com ondas viajantes. Carga horária: 4 horas	Ferramentas de comunicação a distância com IEDs de ondas viajantes. Carga horária: 4 horas
Disciplina: Tópicos Especiais III	Disciplina: Tópicos Especiais III	Disciplina: Tópicos Especiais III
Procedimentos e parâmetros para testes de recepção de IED's que operam com onda viajantes em fabrica. Carga horária: 8 horas	Procedimentos para testes de comissionamento e de manutenção periódica. Parametrização Carga horária: 8 horas	Técnica de análise das oscilografias fornecidas pelos IEDs de onda viajantes. Análise de desempenho. Carga horária: 8 horas
Disciplina: Tópicos Especiais III	Disciplina: Tópicos Especiais III	Disciplina: Tópicos Especiais III

Impacto nas Grades Curriculares

Tabela 4
Transformadores de Instrumentos Não-Convencionais

Nova Disciplina:
Tópicos IV- 56 hs.

Necessidades - Engenharia	Necessidades - Manutenção	Necessidades - Operação
Conteúdo comum a todos: Engenharia, Operação e Manutenção <p>Conceitos , princípios de funcionamento do TI's de corrente e tensão não convencionais. Carga horária: 8 horas</p> <p>Disciplina: Tópicos Especiais IV</p>		
Estudo de aspectos de especificação de TI's não convencionais definidos na norma IEC 61869, com foco na especificação da compra. Carga horária 4 horas	Ferramentas e métodos para testes dos transformadores de instrumentos não convencionais e para atender ao barramento de processos. Carga horária: 8 horas	Avaliação do desempenho dos TI's não convencionais. Carga horária: 8 horas
Disciplina: Tópicos Especiais IV	Disciplina: Tópicos Especiais IV	Disciplina: Tópicos Especiais IV
Aspectos dos testes de recepção em fábrica dos TI' s não convencionais. Normas e Testes Carga horária: 8 horas.	Programas e planilhas de testes de comissionamento e manutenção periódica de TI's não convencionais. Carga horária: 8 horas	Avaliação de oscilografias de TI's não convencionais: Carga horária: 8 horas
Disciplina: Tópicos Especiais IV	Disciplina: Tópicos Especiais IV	Disciplina: Tópicos Especiais IV

Impacto nas Grades Curriculares

Tabela 5
IEC-61850 e
Segurança Cibernética

Nova Disciplina:
Tópicos V - 56 hs.

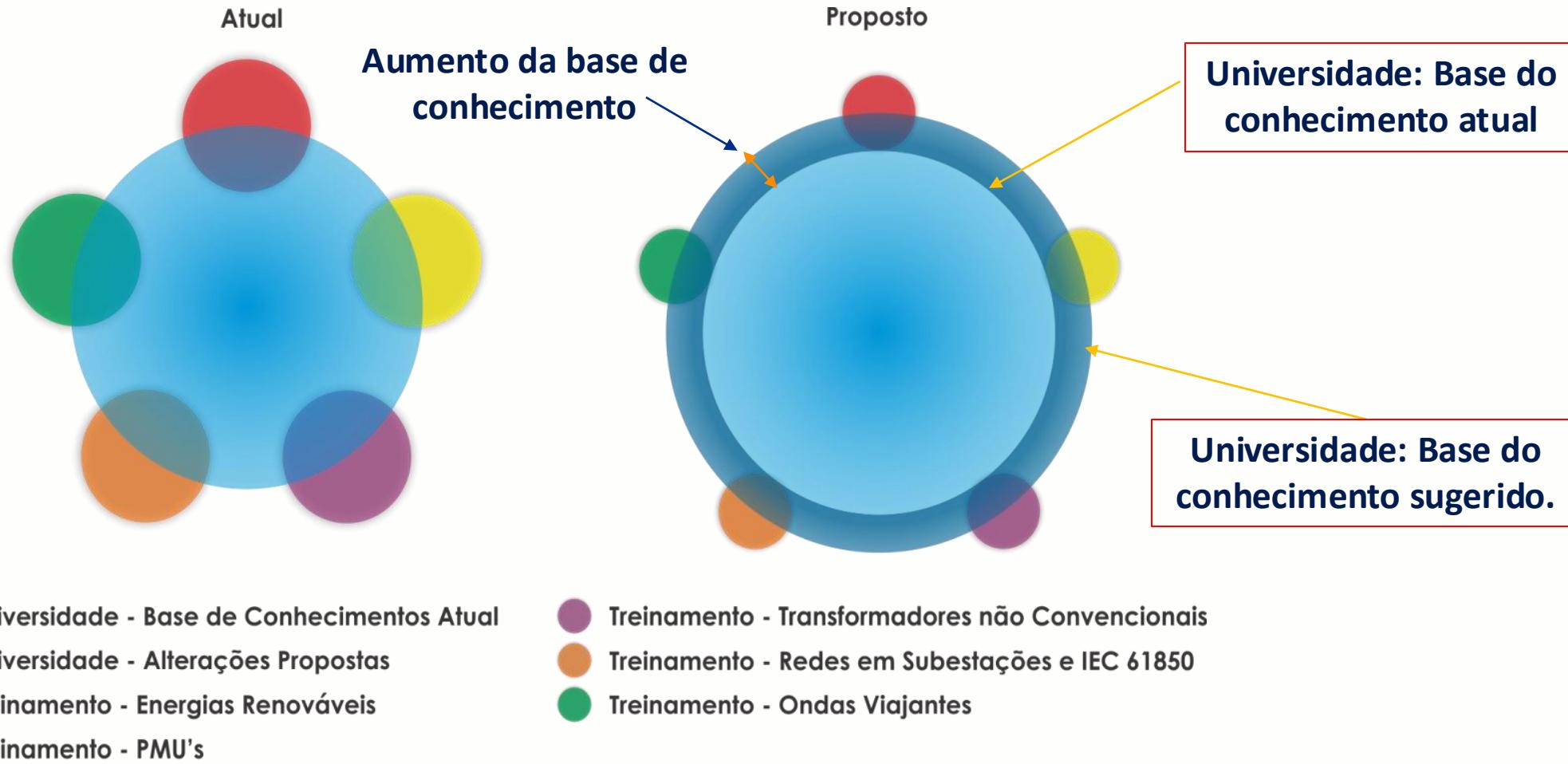
	Necessidades - Engenharia	Necessidades - Manutenção	Necessidades - Operação
Conteúdo comum a todos: Engenharia, Operação e Manutenção			
Principais aspectos e princípios definidos na IEC 61850, nomenclatura. Estrutura da rede, duplicação, topologias, confiabilidade nas SE's. <i>Merging Unit's, Switches</i> , fibras ópticas, sincronização de tempo, parametrização e monitoramento na rede. Mensagens GOOSE, <i>Sampled Values</i> e MMS. Carga horária: 8 horas			
Disciplina: Tópicos Especiais V			
	Aspectos da especificação dos componentes da rede para a compra. Carga horária: 8 horas	Ferramentas para descarregar arquivos de parametrização e realizar testes com <i>Sampled Values</i> , GOOSE e MMS, durante comissionamento e manutenção periódica. Uso de software de rede para monitorar o tráfego. Carga horária: 8 horas	Ferramentas para parametrizar, montar e ler os arquivos SCL. Ferramentas de simulação de IED's. Captação de informações pela rede. Carga horária: 8 horas
	Disciplina: Tópicos Especiais V	Disciplina: Tópicos Especiais V	Disciplina: Tópicos Especiais V
	Definição dos principais pontos a serem testados e avaliação da segurança cibernética Carga horária: 8 horas	Ferramentas para avaliação da segurança cibernética. Carga horária: 8 horas	Avaliação dos resultados de operação e análise do desempenho, comunicação com o IED a partir do escritório. Carga horária: 8 horas
	Disciplina: Tópicos Especiais V	Disciplina: Tópicos Especiais V	Disciplina: Tópicos Especiais V

Resumo da Carga Horária Proposta para Tópicos de Inovação

TÓPICO DE INOVAÇÃO	Inserir nas existentes 28 hs.				CARGA HORÁRIA	
	Disciplinas Existentes				Novas Disciplinas	
	ELP	ASE	ESE	PSE	Título da Disciplina :	Horas
Renováveis	8	4	4	8	Tópicos Especiais I	32
PMU's	0	0	0	0	Tópicos Especiais II	32
Ondas viajantes	0	0	0	4	Tópicos Especiais III	36
TI's não convencionais	0	0	0	0	Tópicos Especiais IV	56
IEC 61850/Segurança Cibernética.	0	0	0	0	Tópicos Especiais V	56

**Novas
Disciplinas
212 hs.**

Comparação de conhecimentos obtidos atualmente com o trabalho proposto



Conclusões

- ✓ Este trabalho elencou os principais tópicos de inovação tecnológica que estão sendo implantados no Sistema Elétrico de Potência brasileiro.
- ✓ Com base nesse cenário é apresentada uma proposta de integração destes tópicos à grade curricular dos cursos de Engenharia Elétrica das universidades brasileiras para melhor atender às demandas do mercado. Alguns tópicos podem ser integrados às disciplinas atuais e outros através da criação de novas disciplinas.
- ✓ As mudanças propostas são relativamente pequenas, mas irão trazer grandes resultados para as empresas do país.
- ✓ Sendo uma sugestão, pode-se detalhar novos tópicos, diminuir ou alongar as cargas horárias sugeridas de acordo com a visão de cada universidade.

MUITO OBRIGADO!!!

Prof. Me. Júlio César Marques de Lima

 (31) 99830-1413

 juliocml@uol.com.br

 www.pucminas.br

