



***SMART-SEN: Um Modelo de Simulação do
Sistema Elétrico Nacional com Presença de
Geração de Renováveis Intermitentes:
Impactos Operacionais, Regulatórios e Custos***

Equipe Básica:

Prof. Dr. Paulo Barbosa
Dr. Marcos Leone Filho

Prof. Dr. Warren Powell
Dr. João R. C. Pires

Prof. Dr. Alberto Luiz Francato
Dr. Fernando A. A. Prado

Motivação

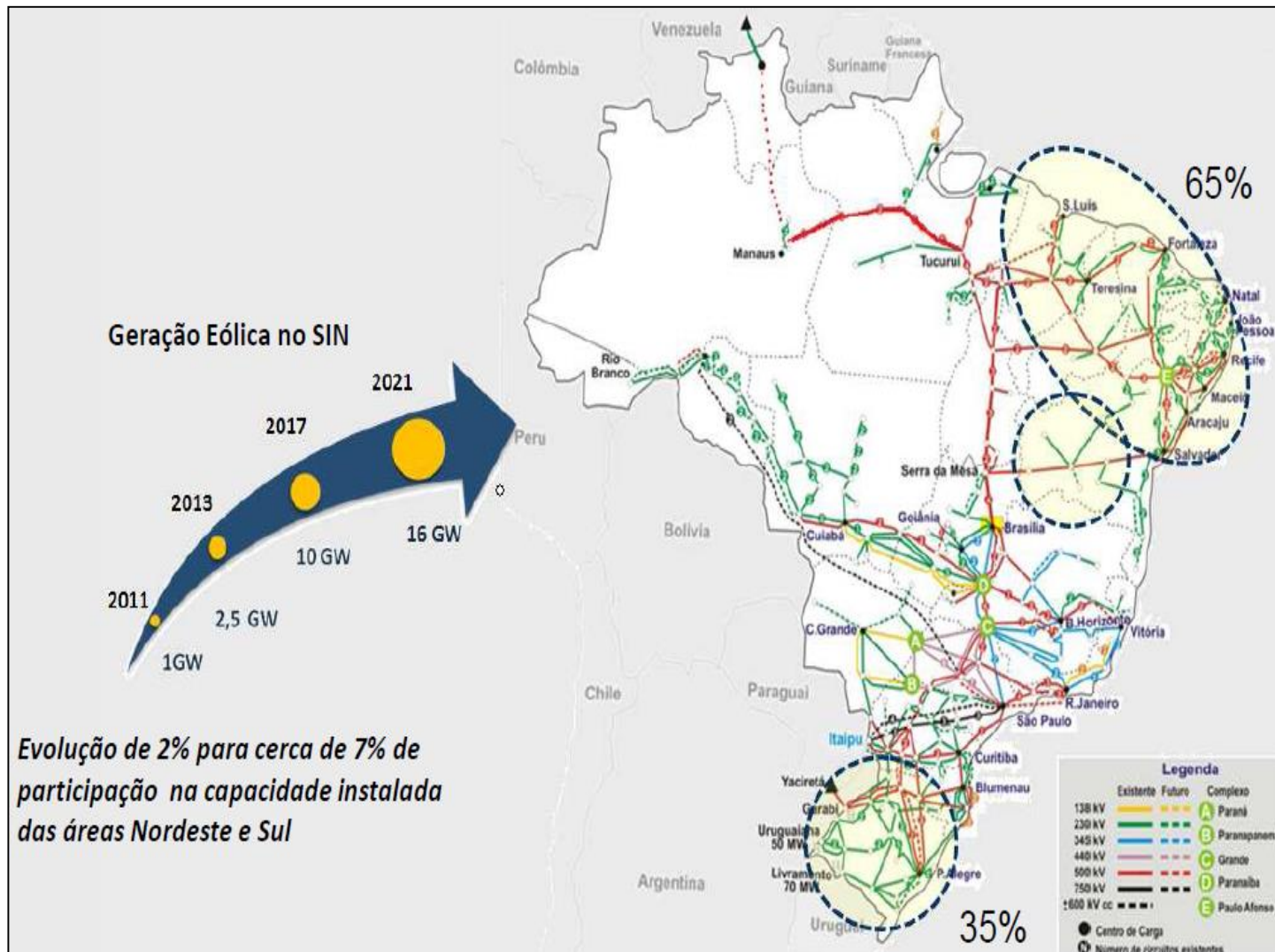
- Sistemas de potência:
 - **Demanda tempo real \neq Produção de fontes intermitentes**
- Realidade: penetração de energia eólica e solar é uma realidade no mundo todo
- No Brasil:
 - Atualmente: Avanço progressivo da energia eólica
 - Até 2022: 9,5% de energia eólica

Motivação

- Redução da entrada de hidroelétricas com reservatórios devido a aumento das restrições ambientais.
- Descasamento espacial entre a geração das diversas fontes
- Necessidade de aumento de térmicas (gás natural, carvão e nuclear) para geração na base.

Motivação

A ampliação das eólicas se dá com diversidade regional:



Motivação

A partir da experiência internacional, surgem desafios devido à entrada de eólicas:

- Necessidades crescentes de reserva para regulação de frequência e voltagem
- Necessidades crescentes de reserva girante
- Rampas de subida e descida mais rápidas
- Despachos menos eficientes das fontes convencionais

Implicações no Planejamento da Operação

- Necessidade de disponibilidade de **reserva girante** para acomodação de flutuações de curtíssimo prazo (de 1 a 15 minutos).
- Necessidade de **reserva de prontidão** para variações de curto prazo (horária) da carga.
- Necessidade de **adaptação das regras para o despacho ótimo no nível horário/diário**.

Implicações no Planejamento da Operação

- Necessidade de aprimoramento das questões regulatórias e comerciais para **viabilizar a implementação em larga escala de sistemas manutenção de frequência e tensão.**
- Necessidade de se aumentar os **estudos de capacidade de transmissão.**
- Necessidade de **aprimoramento nos modelos de previsão de despacho de curtíssimo prazo** (redução liga/desliga de usinas).

Proposta de Pesquisa

- Desenvolvimento de um **software de simulação que emule as regras de despacho e operação do sistema elétrico**, com discretização de minuto e horizonte diário ou semanal;
- Avaliar a capacidade de o sistema garantir confiabilidade de suprimento de energia elétrica na rede do SIN, **atendendo aos requisitos de controle de voltagem e frequência**;
- Realizar estudos do SIN para configuração atual e para diferentes **cenários futuros de mudança de matriz energética**;

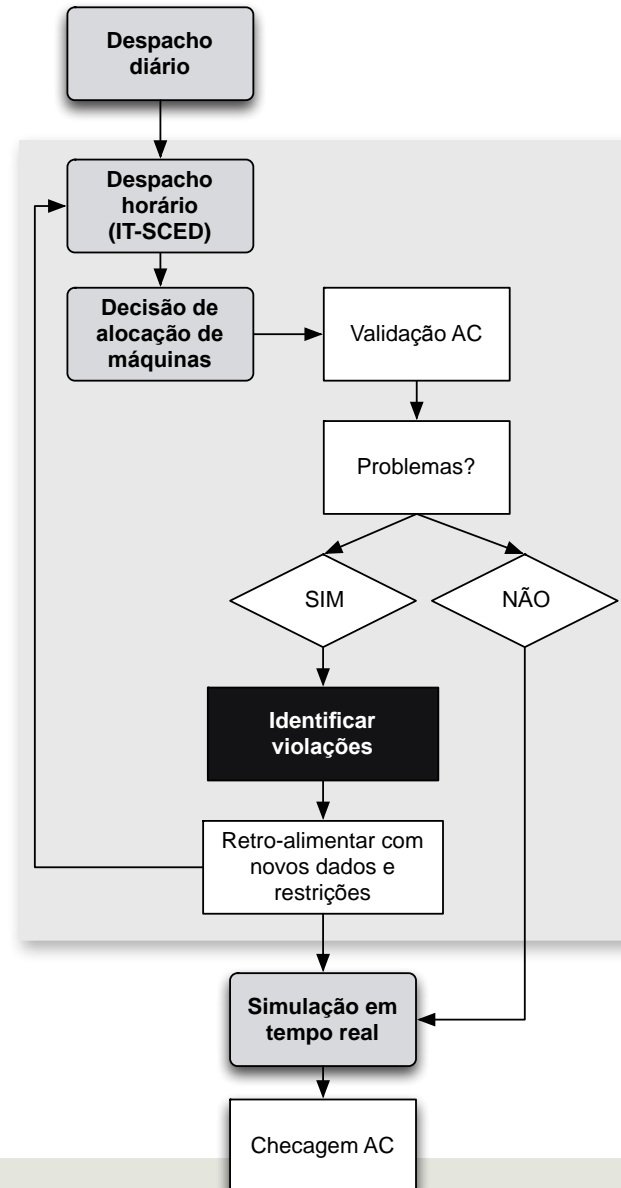
Proposta de Pesquisa

- Identificar a **necessidade de promover expansão da capacidade de transmissão da rede, expansão da geração ou recursos de armazenamentos distribuídos na rede** de maneira a melhorar o nível de confiabilidade operativa;
- Avaliar o **cronograma viável de introdução das fontes renováveis no SIN**;
- Avaliar a **base regulatória e impactos comerciais** diante da introdução da produção de renováveis intermitentes;
- Computar **custos adicionais** (não computados nos leilões de geração eólica) que deverão ser considerados para viabilizar a entrada de geração eólica.

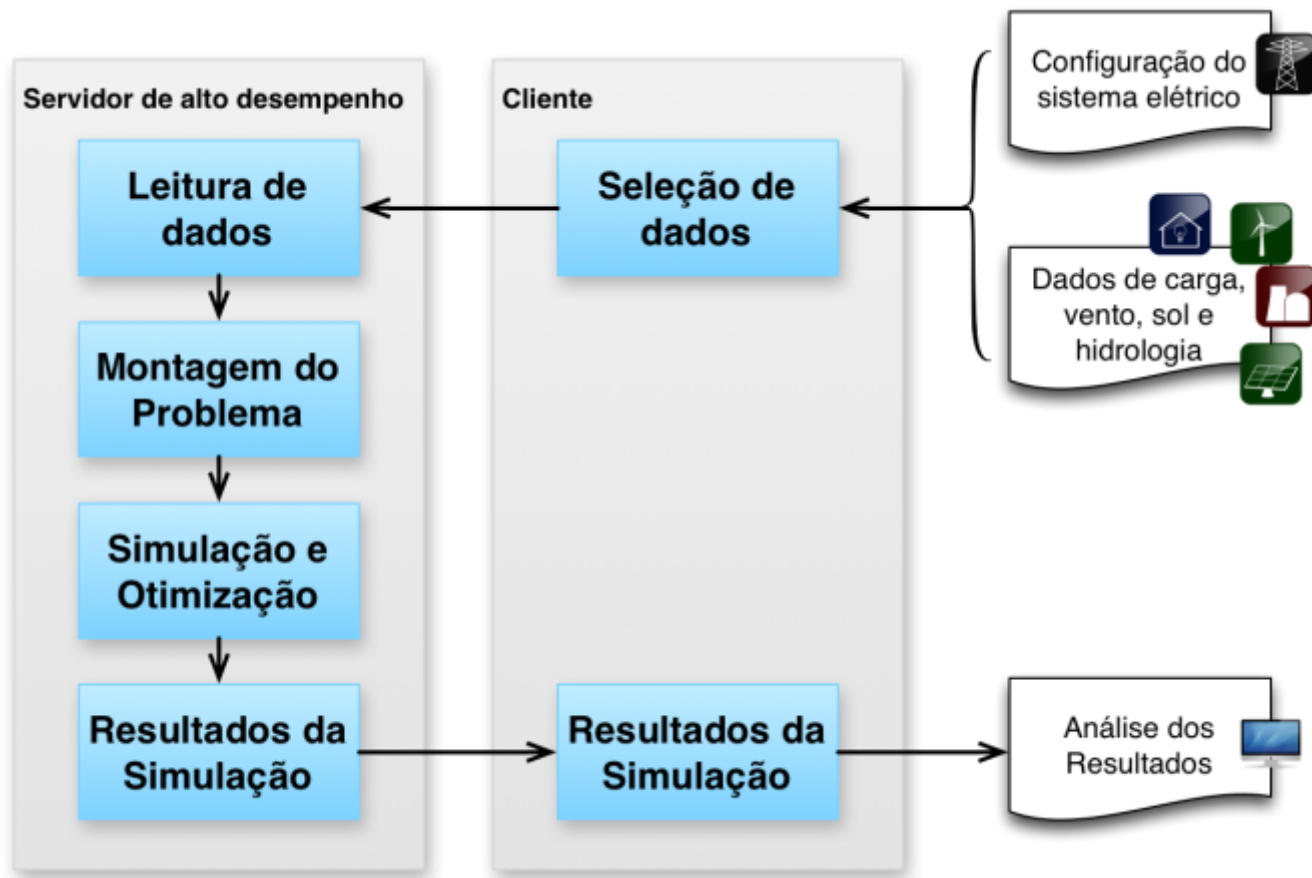
SMART-ISO para a PJM

- Simulador de operação de sistemas de potência:
 - Visão detalhada do sistema de transmissão da PJM
 - Despacho de máquinas ótimo
 - Considera mercado spot de energia elétrica da PJM
 - Capaz de fazer simulações diversas
 - Com/sem eólicas
 - Diferentes níveis de geração eólica
 - Ampliação/modificação do grid
 - Análises de viabilidade e factibilidade

SMART-SEN: Proposta de pesquisa



SMART-SEN: arquitetura



SMART-SEN:

características de inovação

- Modelagem do efeito da entrada das fontes intermitentes no sistema interligado nacional, com avaliação dos seus impactos em escala de discretização de curtíssimo prazo que permita **capturar intervalos de tempo com ausência de produção eólica**, ou grande variações em curto intervalo de tempo;
- Simulação das **manobras operativas necessárias para compensar a ausência de produção eólica** ou garantir que a sua variabilidade não traga prejuízos à qualidade da energia suprida;
- Avaliação **das necessidades de reforços nos sistemas de transmissão.**

SMART-SEN: produtos

- Nova metodologia de extração e manipulação de dados de operação (curtíssimo prazo e tempo real) com intermitentes
- **Software simulador da operação eletro-hidro-energética de curtíssimo prazo e tempo real para o SIN**
- Nova metodologia para indicação de locais potenciais para instalação de novos geradores intermitentes
- Nova metodologia para cálculo de custos marginais de operação provenientes da penetração de intermitentes

Know-how

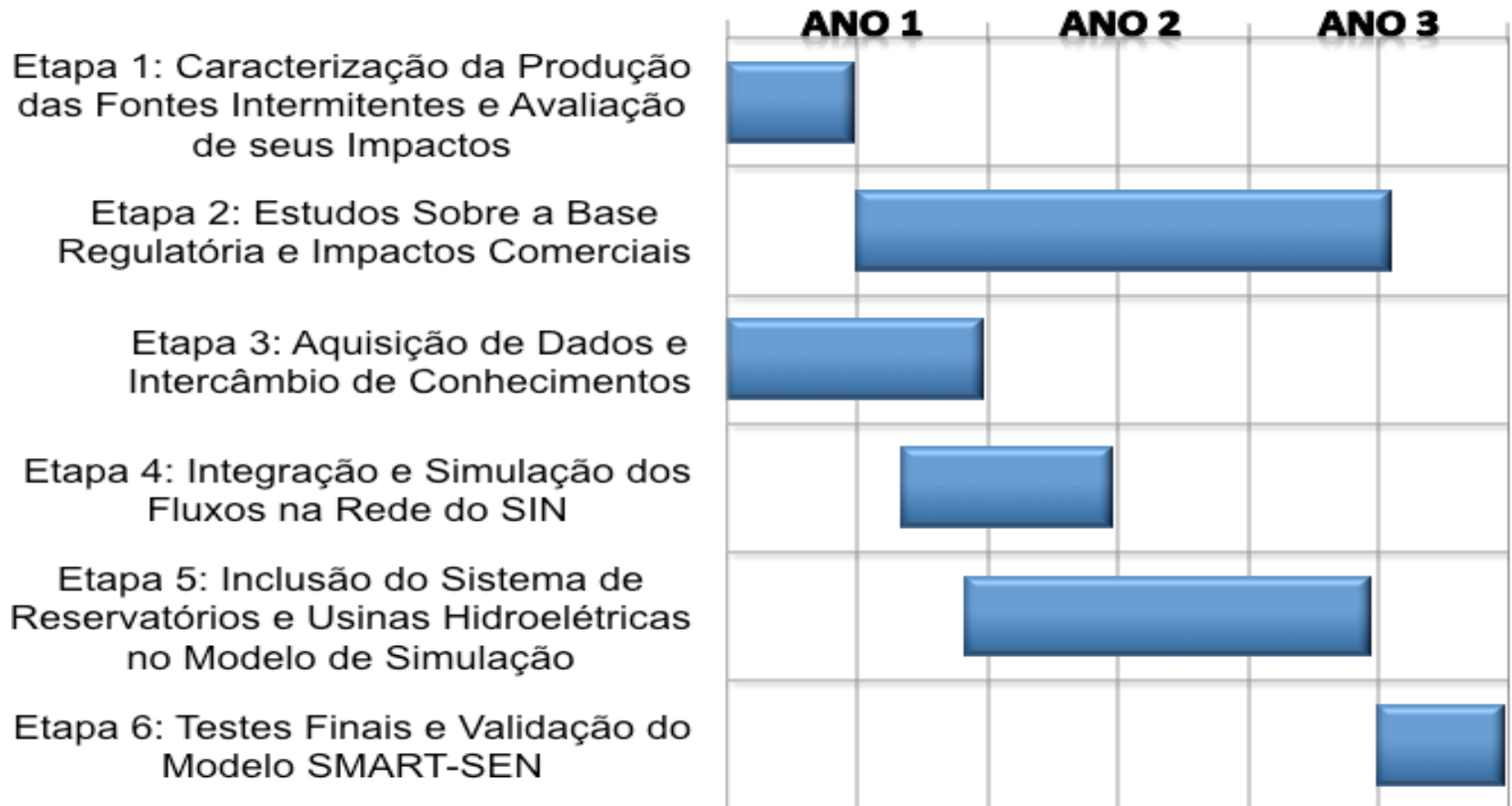
■ Equipe Unicamp:

- Grande experiência em modelagem do sistema hidrotérmico brasileiro para planejamento de médio e longo prazos
- Experiência em gestão de reservatórios, bacias e operação de hidrelétricas

■ Equipe Princeton:

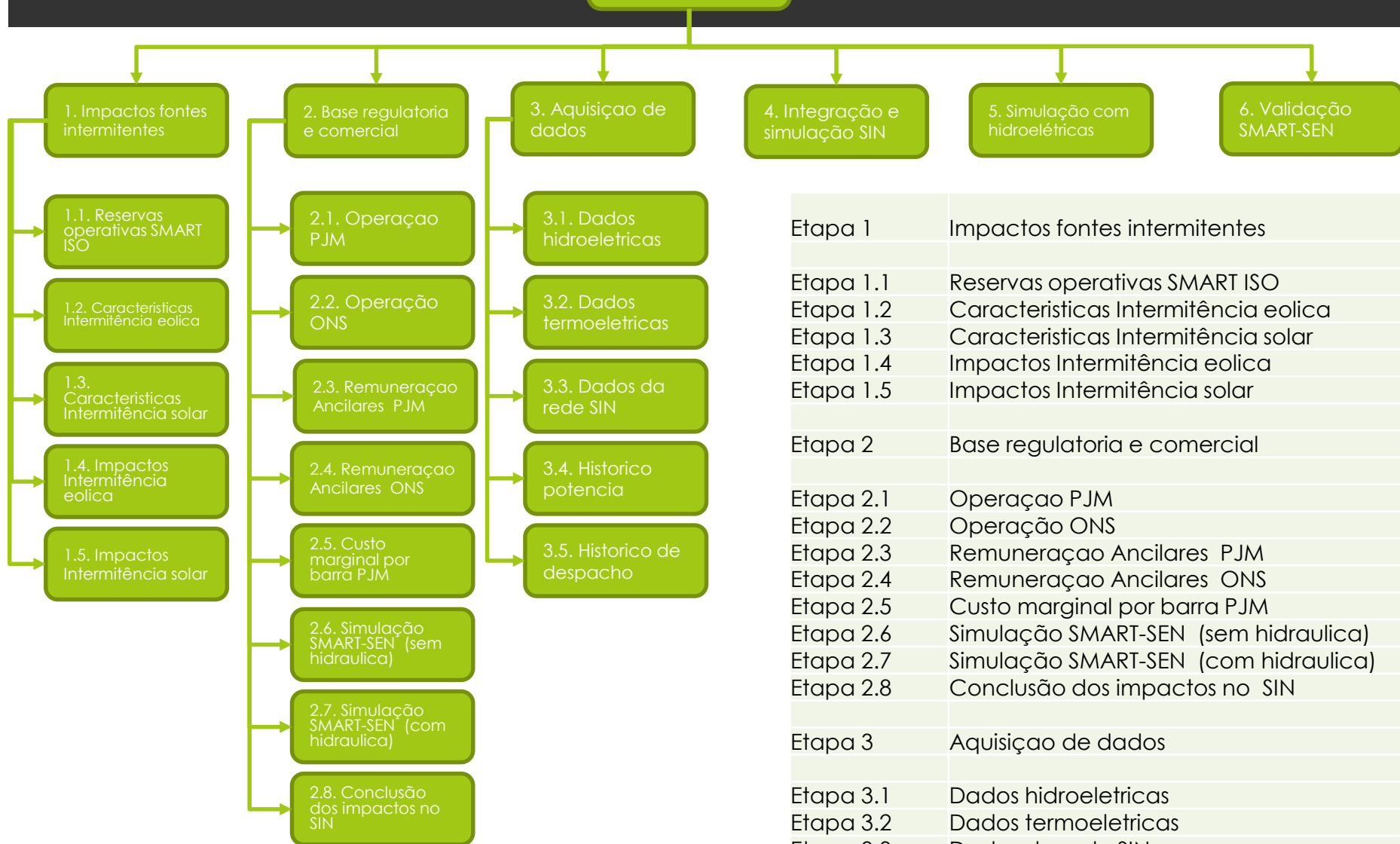
- Grande experiência em modelagem de mercado de energia elétrica para planejamento de penetração de fontes intermitentes de energia elétrica
- Modelo SMART-ISO

Cronograma



WBS

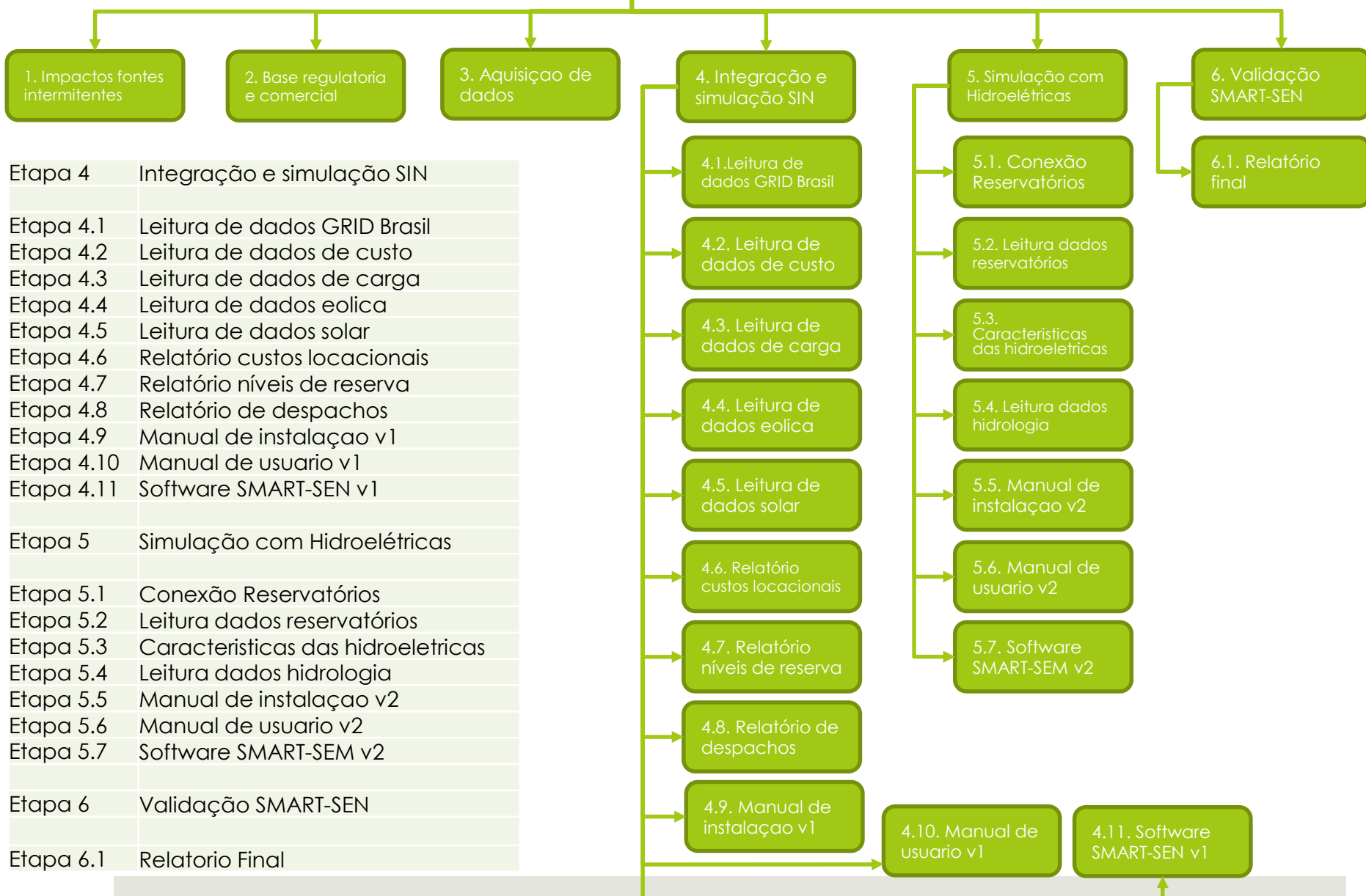
SMART-SEN



Etapa 1	Impactos fontes intermitentes
Etapa 1.1	Reservas operativas SMART ISO
Etapa 1.2	Características Intermittência eólica
Etapa 1.3	Características Intermittência solar
Etapa 1.4	Impactos Intermittência eólica
Etapa 1.5	Impactos Intermittência solar
Etapa 2	Base regulatoria e comercial
Etapa 2.1	Operação PJM
Etapa 2.2	Operação ONS
Etapa 2.3	Remuneração Ancilares PJM
Etapa 2.4	Remuneração Ancilares ONS
Etapa 2.5	Custo marginal por barra PJM
Etapa 2.6	Simulação SMART-SEN (sem hidraulica)
Etapa 2.7	Simulação SMART-SEN (com hidraulica)
Etapa 2.8	Conclusão dos impactos no SIN
Etapa 3	Aquisição de dados
Etapa 3.1	Dados hidroeletricas
Etapa 3.2	Dados termoeletricas
Etapa 3.3	Dados da rede SIN
Etapa 3.4	Historico potencia
Etapa 3.5	Historico de despachos

WBS

SMART-SEN



PONTOS FORTES DO PROJETO

1) INEDITISMO:

- Não existe nada similar no Brasil
- A aplicação no exterior tem presença limitada de hidráulica

2) RELEVÂNCIA:

- Já começa a ser um problema para os agentes
- Crescimento esperado para o futuro próximo

3) APLICABILIDADE:

- O software a ser desenvolvida utilizará a base de dados oficial do ONS
- A aplicação é realística e imediata para diversos tipos de estudos para os agentes (reservas e custos, subsídios para leilões, e reforços na transmissão)

4) RISCOS:

- Baixo risco diante de:
- Software prévio existente para o PJM
- Participação do ONS: Dados e expertise
- Participação de um pool de empresas: Visão dos agentes/contribuições regulatórias
- Equipe internacional e nacional extremamente qualificados



Obrigado!

Prof. Alberto Luiz Francato
francato@fec.unicamp.br