

OPTIMUM S/A

Desenvolvimento de modelo de otimização computacional de estratégia de acordo em processo arbitral e processo judicial promovidos em face da Sabesp



1 Sumário

1. Apresentação da Optimum e da equipe envolvida no projeto	3
2. Objetivos e escopo do projeto.....	6
3. Resultados e benefícios do projeto	8
4. Etapas e atividades do projeto	11
5. Produção	12
6. Cronograma de execução projeto	13
7. Organização do projeto	14
8. Metodologia.....	15
8.1. Caso ocorra acordo.....	15
8.2. Caso não ocorra acordo.....	15
8.3. Rito processual	16
8.4. Valores a receber em caso de decisão favorável À EMAE.....	18
8.5. Tempos e probabilidades	18
9. Ferramentas.....	20
10. Dados do acordo	21
11. Conclusões	22
12. INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	24
1.1 Propriedade intelectual e direitos de uso.....	24
1.2 Detalhamento das etapas e atividades do projeto.....	24
1.2.1 Etapa1 – Entendimento do negócio	24
1.2.2 Etapa 2 – Entendimento dos dados.....	24
1.2.3 Etapa 3 – Preparação dos dados	25
1.2.4 Etapa 4 – Modelagem do problema	27
1.2.5 Etapa 5 – Validação do modelo	28

1. Apresentação da Optimum e da equipe envolvida no projeto

A **Optimum** é uma empresa de serviços constituída em 2014 por engenheiros da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e do Instituto de Tecnologia Aeronáutica, em parceria advogados, que, com o apoio de uma equipe multidisciplinar de profissionais altamente qualificados, desenvolveu um modelo de simulação computacional estocástica, cujo objetivo capital é auxiliar seus clientes a encontrar as melhores decisões a serem adotadas para processos administrativos e judiciais, reduzindo o valor do passivo (cível e trabalhista) ou aumentar o valor do ativo (cível).

O modelo de simulação computacional foi construído empregando, entre outras técnicas, *agent based simulation*, *discrete event simulation*, para representar o comportamento do portfólio ao longo do tempo e incorporando à análise que realizamos a incerteza no valor de condenação, a incerteza na data de ocorrência dos eventos jurídicos, custas dos processos, correção monetária nos valores de condenação, possibilidade de recurso das partes envolvidas, comportamentos adaptativos (e.g. jurisprudência), probabilidades de êxito/condenação, valores de condenações.

Desta forma, nosso trabalho objetiva apresentar uma abordagem do processo integrando os aspectos jurídicos a uma análise econômico-financeira, considerando a gestão dos riscos (jurídico e financeiro) e a geração de valor para o acionista.

A equipe destacada para atender a demanda que nos foi apresentada pela **EMAE** é composta pelos seguintes membros:

André Cury Maia – Possui graduação em Engenharia de Produção Mecânica, e possui mestrado e doutorado em Engenharia de Controle aplicada a finanças quantitativas pela Escola Politécnica da USP. Possui 16 anos de experiência no mercado financeiro, tendo atuado em instituições como Banco ABN AMRO, Votorantim Asset, GWI e Fidúcia nas áreas de gestão de riscos, tesouraria, estruturação de produtos, gestão de investimentos e modelagem quantitativa. É CFA Charterholder e é professor de finanças corporativas e derivativos/finanças quantitativas da Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas em São Paulo, e do MBA de Engenharia Financeira da Escola Politécnica da USP. Foi fundador da Optimum S/A.

Nelso Kazuo Nojima – Possui graduação em Engenharia Mecânica Aeronáutica pelo ITA e é mestre em Finanças Quantitativas pela EESP-FGV. Foi coordenador de projetos na área de TI do Banco Itaú e posteriormente na área de Investment Banking. Foi sócio fundador da Bank Ware S/A que

posteriormente se fundiu à MAPS, sendo responsável pelo desenvolvimento de produtos e introdução de novas tecnologias na empresa. Foi fundador da Optimum S./A.

José Reinaldo Nogueira de Oliveira Junior – Possui graduação em Direito pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo e em Administração de Empresas pela Fundação Armando Álvares Penteado. É pós-graduado em Direito Tributário pelo Centro de Extensão Universitária e em Direito da Economia e da Empresa pela Fundação Getúlio Vargas de São Paulo. Sócio do escritório Nogueira, Elias, Laskowski e Matias Advogados. Foi fundador da Optimum S/A..

Isabel Oliveira – Possui graduação em física pela UFRJ, com iniciação científica em astrofísica estelar no Observatório Nacional/MCTI. Research Assistanship em astrofísica na Johns Hopkins University nos EUA, mestrado em astrofísica pela Universidade de Leiden, Holanda, e Ph.D. em astrofísica em conjunto pela Universidade de Leiden (Holanda) e o California Institute of Technology (EUA). Foi a Harlan J. Smith Postdoctoral Fellow na Universidade de Texas em Austin (EUA) e bolsista Jovens Talentos Nível A do Programa Ciência sem Fronteiras no Observatório Nacional, e membro do corpo docente do programa de pós-graduação desta instituição. Autora e co-autora de 19 artigos científicos publicados em revistas Qualis-A e dezenas de trabalhos apresentados em conferências internacionais. Trabalha atualmente na Optimum S/A como gerente de pesquisa e desenvolvimento.

Fausto Kenzo Chinen – Possui graduação em Engenharia Mecatrônica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Possui larga experiência com desenvolvimento de modelos de previsão, otimização e simulação. Trabalha atualmente na Optimum S/A como líder da equipe de desenvolvimento.

Ricardo Gabriel Pontes Lins – Possui graduação em Engenharia Mecânica Aeronáutica pelo ITA. Foi assistente de pesquisa no Instituto Técnico Superior da Suíça em Zurique. Trabalha atualmente na Optimum S/A. como membro da equipe de desenvolvimento e líder da equipe de atendimento.

Rafael Rodrigues – Possui graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Automação e Controle pela Escola Politécnica da USP. Participou do programa de duplo diploma no Politecnico di Milano em Ingegneria Matematica. Trabalha na Optimum S/A como programador e analista há 1 ano.

Gabriela Ueno – Possui graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Automação e Controle pela Escola Politécnica da USP. Participou do programa de intercâmbio na Faculdade de Ciências Aplicadas na Universidade de Toronto durante 1 ano. Foi estudante pesquisadora durante 4 meses no Toronto Rehabilitation Institute. É professora de Olimpíada de Física no Colégio Integrado Objetivo há 6 anos. Trabalha na Optimum S/A como analista de sistemas júnior há 8 meses.

Priscila Nascimento Lassie – Advogada formada pela Universidade Presbiteriana Mackenzie, foi membro do grupo de pesquisa CNPq Fundamentos do Processo Civil e Biodireito, com atuação profissional voltada ao Direito Civil e Imobiliário. Atuou nos escritórios Nogueira Elias Laskowski e Mathias Advogados e Rocha e Barcellos Advogados, bem como no Banco Bradesco, setor consultivo jurídico da Bradesco CVM e Private Equity. Trabalha atualmente na Optimum S/A como analista jurídica júnior.

Pedro Saad – Possui graduação em Engenharia Eletrônica pelo Centro Universitário da FEI. Participou de projetos da Society of Automotive Engineers, Formula SAE e AeroDesign em competições mundiais como especialista em Multidisciplinary Optimization. Foi Field Application Engineer na Infineon Technologies responsável por atendimento ao cliente em programação de sistemas embarcados para o setor automotivo em empresas como Bosch, Delphi, Magnetti Marelli. Consultor de gestão da Corporate Office. Trabalha atualmente na Optimum S/A como analista de desenvolvimento júnior.

Luis Augusto Lucas de Melo – Possui graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Automação e Controle pela Escola Politécnica da USP. Possui experiência com modelagem/otimização de eventos discretos. Atualmente se especializando em gerência de cadeia de suprimentos (Supply Chain Management) – MIT MicroMaster Credential. Trabalha atualmente na Optimum S/A como analista de sistemas júnior.

Matheus Fernandes de Almeida Sarafyan – Graduando do último ano de Engenharia Elétrica com ênfase em automação e controle na Poli-USP. Possui experiência com programação em Python. Estagia atualmente na Optimum S/A.

Matheus Abreu de Campos Gobel – Graduando do último ano do curso de Direito na Universidade Presbiteriana Mackenzie. Possui experiência profissional na área de contencioso cível, com foco em Direito do Consumidor. Estagia atualmente na Optimum S/A.

A **Optimum** e seus acionistas não possuem nenhum relacionamento com a **EMAE**, seus acionistas e membros dos seus órgãos de administração, encontrando-se independente e sem conflitos de interesses para realização do projeto contratado contratado.

2. Objetivos e escopo do projeto

O objetivo do projeto de otimização de estratégia de acordo em processo arbitral e processo judicial movidos pela **EMAE** em face da Sabesp foi determinar, com a devida independência técnica e científica, se o acordo realizado foi equitativo, segundo os critérios do menor risco e do maior valor, representando o montante que seria obtido no cenário de maior probabilidade de êxito dos processos.

A EMAE contratou os serviços da Optimum devido à inexistência de operações de mercado ou judiciais similares às do litígio que oferecessem elementos de comparação no tocante ao valor, prazo, forma e condições que demonstrassem a razoabilidade e a comutatividade da transação, necessárias a fundamentar uma decisão da administração e dos acionistas da companhia sobre a oportunidade e conveniência de celebração do Acordo.

As informações jurídicas, essenciais para o desenvolvimento do trabalho, foram fornecidas pelo escritório Ulhoa, Canto, Rezende e Guerra Advogados (“Ulhoa Canto”).

O acordo analisado visa à solução das demandas entre as empresas EMAE e Sabesp sobre uso da água dos reservatórios de Billings e Guarapiranga.

Assim, considerando os dados dos processos de compensação pela retirada de água nas represas Billings e Guarapiranga, pela Sabesp, modelar quantitativamente a melhor estratégia entre:

- Firmar um acordo.
- Persistir na disputa judicial.

Note-se que:

O valor de um passivo processual corresponde à soma dos valores presentes de todo e qualquer fluxo de caixa associado aos processos. Isso significa considerar toda e qualquer despesa e eventualmente receita gerada ao longo do tempo pelos processos que compõem os processos, bem como toda e qualquer despesa/receita adicional envolvida na gestão desses processos.

As ações/decisões de controle sobre os processos correspondem a definir quando for recomendada proposta de acordo, em que data e em qual valor. As decisões que minimizam o valor dos processos correspondem à estratégia ótima de gestão/controle do portfólio.

No processo de otimização, são consideradas todas as restrições orçamentárias e operacionais aplicáveis. Restrições orçamentárias podem incluir, por exemplo, limite máximo de despesa em determinado período.

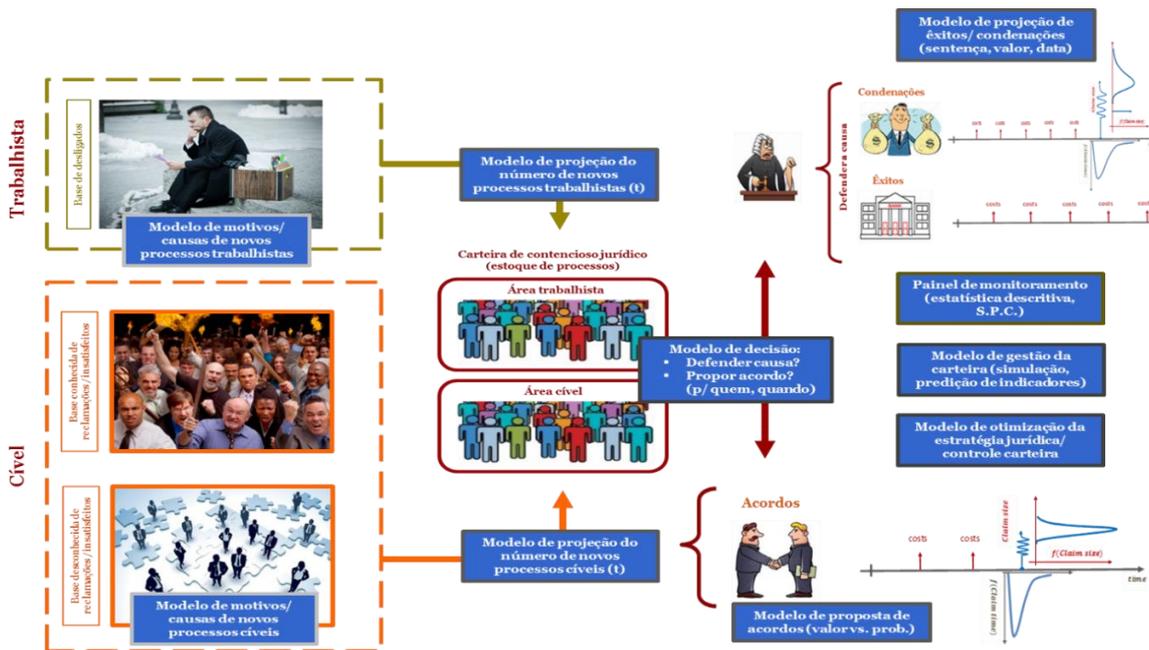
Restrições operacionais podem incluir, por exemplo, capacidade do gestor dos processos em executar a estratégia operacional (e.g., quantidade de recursos humanos para propor acordos, realizar acordos, defender causas). Ganhos fiscais também podem ser considerados pelo modelo, se/quando apropriado.

O escopo deste projeto compreendeu as teses jurídicas debatidas no processo arbitral e no processo judicial movidos em face da Sabesp pela **EMAE**, e contou com as informações fornecidas pelo escritório Ulhôa Canto para a sua modelagem.

Também fez parte deste escopo, o acompanhamento e apresentação em reunião do Conselho de Administração e em Assembleia Geral Extraordinária da **EMAE**, dos esclarecimentos sobre como foram apurados os valores recomendados para acordo e exposição dos resultados obtidos, a fim de se atingir os objetivos descritos acima.

3. Resultados e benefícios do projeto

Nossa solução para alcançar os objetivos acima foi construir um modelo de simulação computacional estocástica¹ (empregando, entre outras técnicas, *agent based simulation*², *discrete event simulation*³, *machine learning*⁴) para representar o comportamento dos processos ao longo do tempo. Esse comportamento é determinado pela interação de diversos elementos interdependentes e conectados. As “caixas azuis” indicam os modelos que foram construídos especificamente para descrever cada parte, e que depois foram integrados para se obter o modelo de simulação completo:



Com relação ao modelo de decisão (propor acordo, quando?), foi realizada uma análise estocástica utilizando método de Monte-Carlo⁵ sobre um modelo do rito processual jurídico, conforme ilustrado na figura abaixo:

¹ Modelo de simulação computacional estocástica: “maquete computacional” que representa o comportamento e as inter-relações de todos os componentes de um sistema, considerando seus aspectos dinâmicos e probabilísticos (incertezas/ riscos), e que permite simular, analisar, compreender e otimizar suas métricas de performance relevantes.

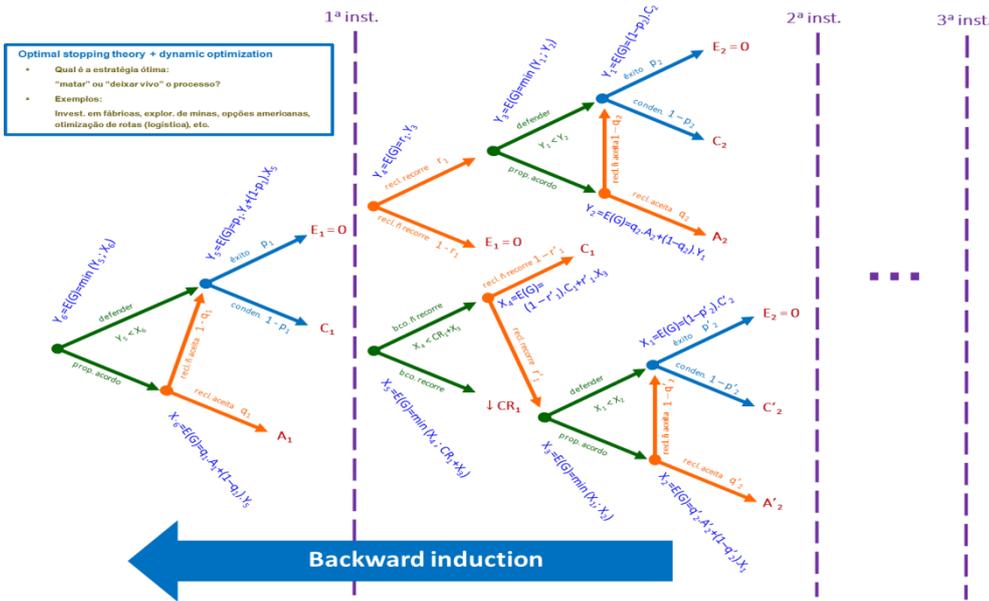
² *Agent-based simulation*: modelo de simulação que considera ações e interações de múltiplos agentes conectados, com características diversas, com comportamento interdependente, dinâmico e adaptativo, num ambiente com incertezas. Essa abordagem permite simular, analisar, compreender e otimizar sistemas dinâmicos complexos.

³ *Discrete event simulation*: modelo de simulação de sistemas dinâmicos cujos estados são alterados pela ocorrência de eventos que ocorrem em instantes específicos de tempo, possivelmente incertos (contrastando com sistemas dinâmicos contínuos, cujos estados se alteram continuamente no tempo).

⁴ *Machine learning*: modelos computacionais capazes de classificar elementos, detectar padrões e fazer projeções usando conhecimento “aprendido” e continuamente aprimorado (inteligência artificial) a partir de grandes conjuntos de dados.

⁵ Designa-se por método de Monte Carlo (MMC) qualquer método de uma classe de métodos estatísticos que se baseiam em amostragens aleatórias massivas, repetindo sucessivas simulações um elevado número de vezes, para obter resultados numéricos para calcular probabilidades heurísticamente.

Binder, K. and D.W. Heerman, 1992; Monte Carlo Simulation in Statistical Physics, An Introduction, Springer-Verlag, Berlin, pp. 129.



Os benefícios e resultados diretos e indiretos produzidos pela metodologia aplicada são diversos e incluem (mas não se limitam a):

Gestão objetiva, consistente, homogênea e eficiente de processo contencioso, incorporando não apenas as práticas do estado da arte da engenharia e matemática aplicada (e.g., otimização dinâmica/controlado ótimo estocástico), como também os conhecimentos e a experiência de advogados especialistas.

Capacidade de incorporar na análise tantos elementos quantos forem desejados, tornando o modelo extremamente realista. O modelo considerou:

- Incerteza sobre o valor das demandas em caso de êxito;
- Incerteza se a **EMAE** terá êxito sobre as demandas;
- Incerteza quanto à data de ocorrência dos eventos jurídicos;
- Custas e despesas do processo.
- Correção monetária nos valores de condenação
- Possibilidade de interposição de recursos pela Sabesp
- Comportamentos interdependentes de vários agentes (e.g., causas coletivas)
- Comportamentos adaptativos (e.g., jurisprudência)
- Capacidade de simular e mensurar o impacto no valor do portfólio causado por mudanças nos valores de parâmetros e/ou variáveis que descrevem a dinâmica do problema (esses parâmetros e/ou

Ferrenberg, A.M. and R.H. Swendsen, 1989; *Optimized Monte Carlo Data analysis, Computers in Physics*, V. 3, No. 5, pp. 101 – 104.

variáveis são chamados de *drivers* de valor e de risco do portfólio). Por exemplo, mensurar o impacto no valor do portfólio caso sejam alteradas: probabilidades de êxito/condenação, valores de condenações, custas do processo, prover uma garantia matemática/científica de que a estratégia determinada pelo modelo é aquela que, de fato, otimiza a métrica de performance escolhida/relevante para o problema.

4. Etapas e atividades do projeto

O desenvolvimento e implementação do projeto foram executados em três etapas:

- “definição e implementação de curvas de acordos”;
- “definição e implementação dos tempos e custos de processos”;
- “definição das probabilidades/distribuições de probabilidade utilizadas no modelo”.

Essas etapas foram desenvolvidas com a participação de representantes da equipe jurídica da **EMAE** (interna e externa), por meio de reuniões nas quais foram discutidos os elementos próprios dos processos, tais como os tempos estimados entre cada movimentação processual, histórico das negociações realizadas, das probabilidades dos êxitos no processo (considerando pedido a pedido), inclusive em razão de características de cada ação, dos pedidos, da Vara, Tribunal e Câmara Arbitral onde tramitam as ações, etc.

5. Produção

As entregas do projeto foram:

- Apresentação da metodologia decorrente da aplicação de ferramentas e técnicas científicas (matemática, economia, finanças, estatística, gestão de risco, pesquisa operacional, teoria da computação) para negociação do acordo;
- Apresentação de análise de distintas estratégias de acordo e da estratégia ótima;
- Participação em reunião do Conselho de Administração e em Assembleia Geral Extraordinária da **EMAE**, para esclarecimentos sobre como foram apurados os valores recomendados para acordo e exposição dos resultados obtidos⁶.

⁶ Etapa ainda não realizada.

6. Cronograma de execução projeto

A tabela a seguir mostra cada uma das etapas do projeto e o tempo efetivamente dependido para sua execução e conclusão da ferramenta, não incluindo aquele decorrente de reuniões entre as equipes e a remessa de dados pelos advogados.

Etapa	Tempo individual	Tempo acumulado
“Definição e implementação de curvas de acordos”, “Definição e implementação dos tempos e custos de processos” e “Definição das probabilidades/distribuições de probabilidade utilizadas no modelo”	5 dias corridos	5 dias corridos
Elaboração de <i>draft</i> de apresentação com os <i>outputs</i> do modelo	2 dias corridos	7 dias corridos
Elaboração de versão final de apresentação com os <i>outputs</i> do modelo para apresentação em reunião do Conselho de Administração e AGE	1 dia corrido	8 dias corridos

7. Organização do projeto

Para garantir a gestão adequada do projeto, participaram a equipe jurídica e financeira da **EMAE** e os representantes do escritório Ulhôa Canto que atuam nos processos judicial e arbitral.

8. Metodologia

Para analisar o acordo, foi comparado o resultado financeiro decorrente da concretização do acordo com o decorrente da não concretização do acordo. Caso o acordo provoque um resultado financeiro melhor do que o não-acordo, é do interesse da EMAE fechar o acordo.

8.1. Caso ocorra acordo

O resultado financeiro do acordo é melhor descrito pelo somatório dos valores presentes dos fluxos de caixa da proposta de acordo. Os valores e datas dos fluxos de caixa foram informados pela EMAE:

- 05 (cinco) pagamentos anuais de R\$ 9.254.000,00, de 2017 a 2021, corrigidos monetariamente pelo IPCA, totalizando R\$ 46.270.000,00 a valores atuais;
- 26 (vinte e seis) pagamentos anuais de R\$ 6.610.000,00, de 2017 a 2042, corrigidos monetariamente pelo IPCA, totalizando R\$ 171.860.000,00 a valores atuais;
- o valor presente do acordo é de R\$ 129 MM.

8.2. Caso não ocorra acordo

O resultado financeiro caso não seja concretizado o acordo é melhor descrito pela distribuição de probabilidades do valor presente do fluxo de caixa, uma vez que não se tem certeza de qual será o resultado financeiro, que depende do resultado de julgamentos e de quanto tempo levará cada julgamento. A distribuição de probabilidades descreve qual a probabilidade do valor presente do fluxo de caixa assumir determinado valor, de maneira a também descrever intervalos de valores mais ou menos prováveis.

Para calcular a distribuição de probabilidade, foi utilizado o método de Monte Carlo, que consiste em realizar um grande número de simulações estocásticas para se obter heurísticamente probabilidades (ou distribuições de probabilidade) dos eventos/valores simulados. Os valores simulados são obtidos através de um modelo matemático que descreve todo o rito processual que pode ocorrer com os processos avaliados, recebendo como entrada os diversos valores a serem recebidos/pagos pela EMAE em cada cenário, assim como probabilidades dos diferentes resultados dos julgamentos e tempos até cada julgamento.

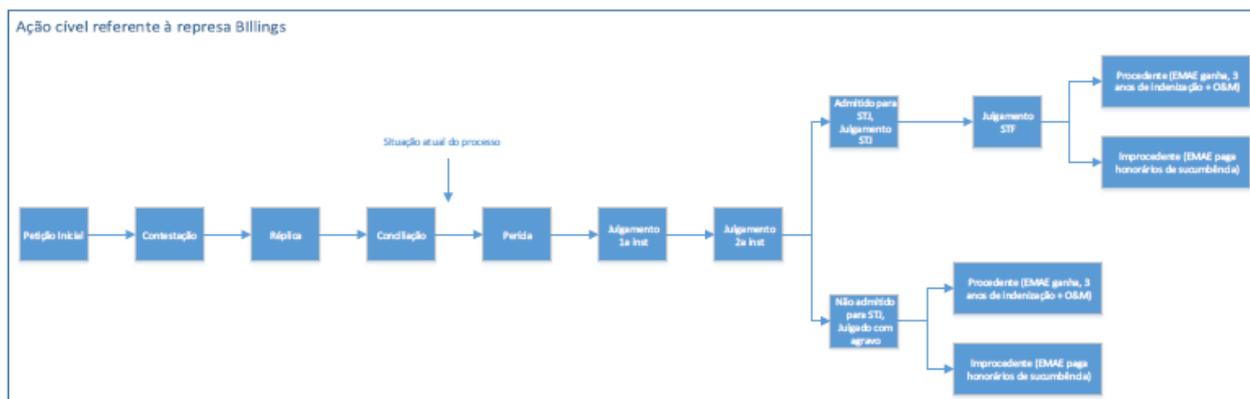
O rito processual, suas probabilidades e tempos foram obtidos em reunião com o escritório de advocacia que representa a EMAE nestas ações, Ulhôa Canto Advogados, e os valores que seriam recebidos em caso favorável à EMAE foram calculados em função do valor financeiro da energia que a EMAE deixou de produzir devido à

retirada de água pela Sabesp e em função dos valores de O&M (operação e manutenção) conforme instruído pela EMAE.

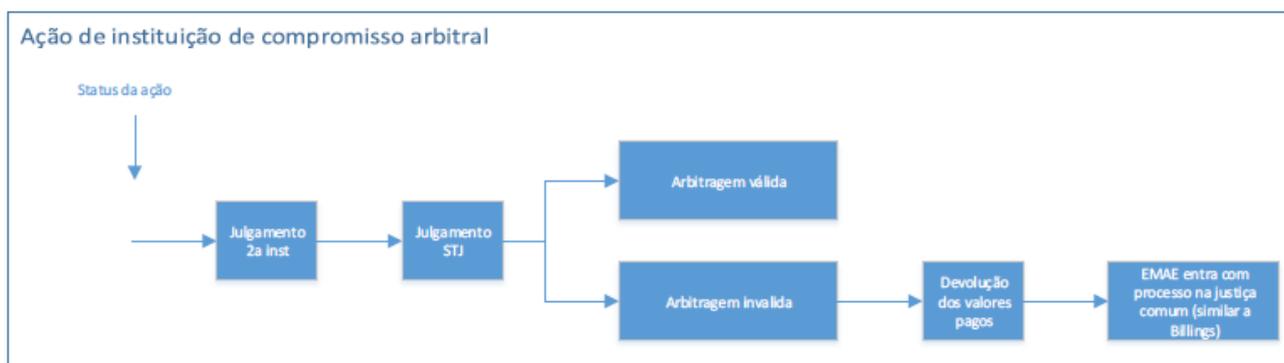
8.3. Rito processual

Os ritos processuais são modelados conforme diagramas a seguir.

Ação cível referente à represa Billings se encontra antes da realização de perícia.

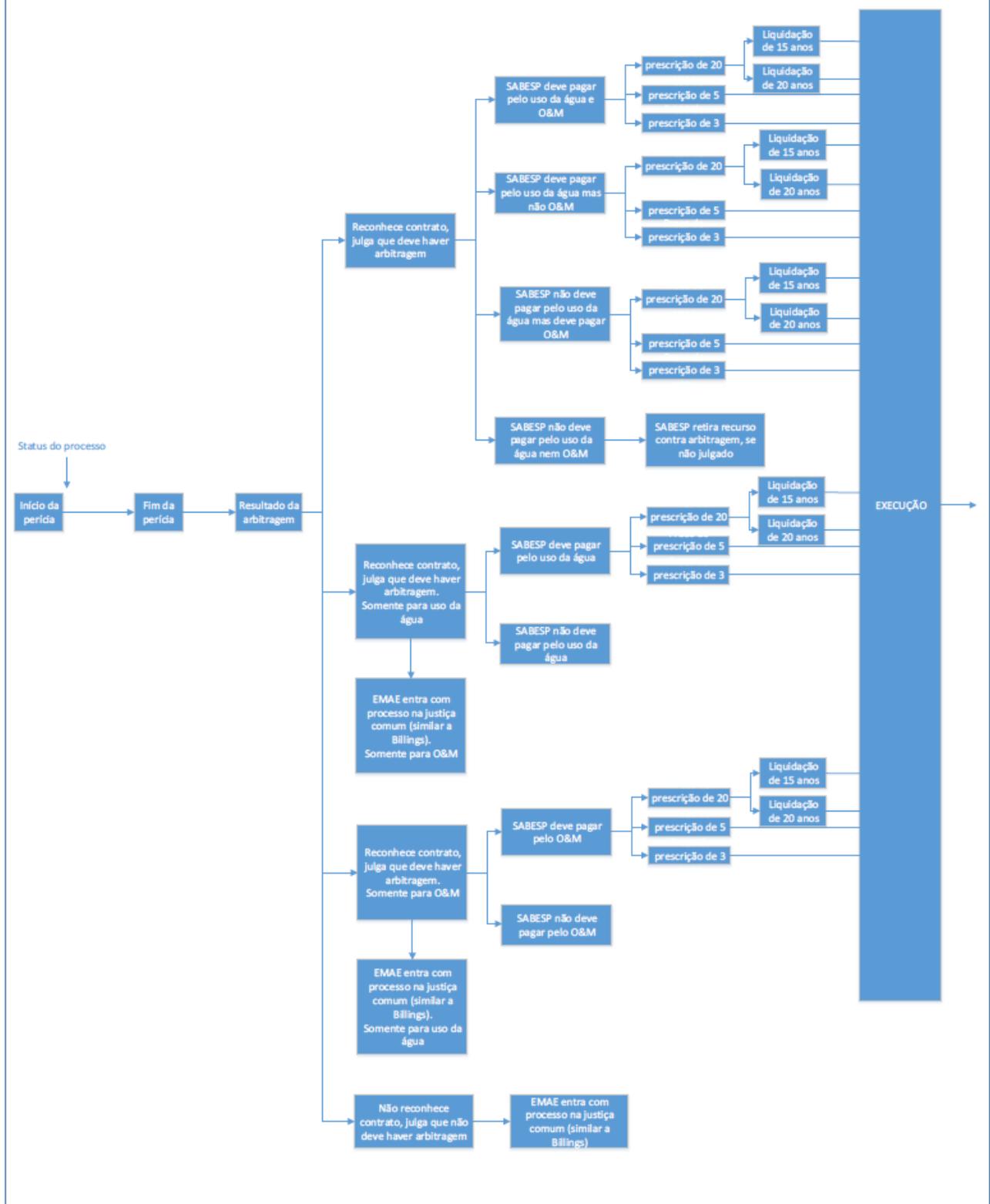


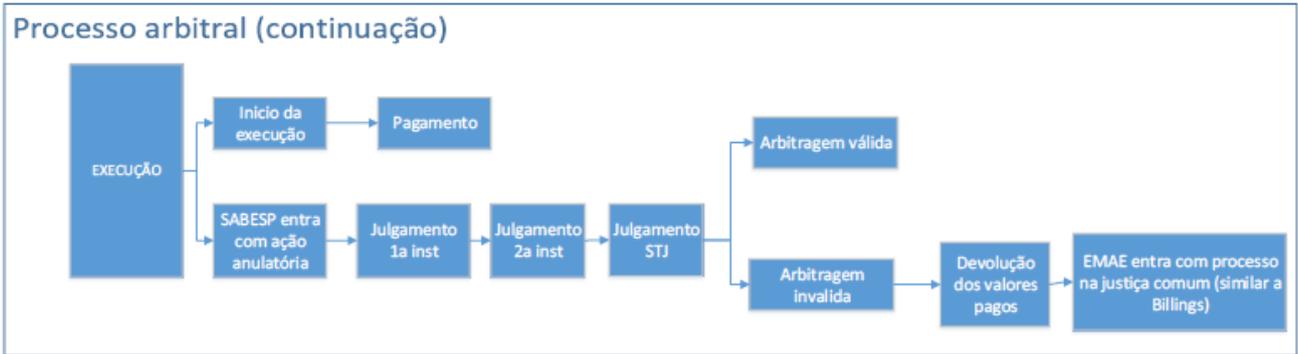
Ação de instituição de compromisso arbitral referente à represa de Guarapiranga teve sentença favorável à EMAE, mas há recurso pendente da Sabesp:



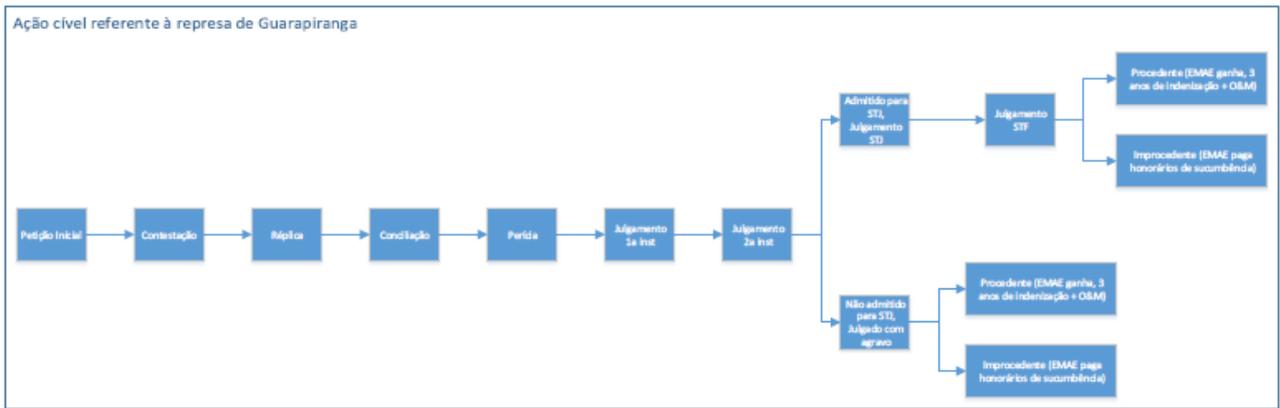
Processo arbitral referente à represa de Guarapiranga está no início da perícia, pode reconhecer contrato somente sobre uso da água, somente sobre O&M, sobre ambos assuntos ou sobre nenhum dos assuntos:

Processo arbitral





Caso não seja julgado mérito referente a Represa de Guarapiranga, a EMAE entrará com processo na justiça comum (processo similar ao atual da Billings):



8.4. Valores a receber em caso de decisão favorável À EMAE

Os valores calculados devido à energia não gerada se baseiam na vazão retirada ano a ano, produtividade da usina de Henry Borden, preço médio dos contratos da EMAE a cada ano, encargos e tributos. A conta foi realizada para um prazo de 3 anos para Billings pois será julgada em ação cível e para 3, 5, 15 e 20 anos para Guarapiranga pois são as possibilidades de prazos para a ação de arbitragem. O valor de O&M é baseado em custos de O&M devidos pela Sabesp levantados diretamente pela EMAE. Todos valores são acrescidos de juros que dependem do tempo em que o processo se encerra.

8.5. Tempos e probabilidades

Os tempos foram informados pelo Uihôa Canto considerando valores mínimos, máximos e valores mais prováveis. Esta variabilidade está presente no modelo, de forma que o tempo em que o processo se encerra varia nas diferentes simulações. As probabilidades foram estimadas pelo Uihôa Canto, à exceção da probabilidade da conta de prescrição de 20 anos apenas considerar de fato 15 anos, devido à inexistência da EMAE entre 1993 e 1998, ano de fundação

da EMAE. Estabeleceu-se o valor de probabilidade estimado pelo Uihôa Canto como valor mais provável e um intervalo conservador de -15% e +5% sobre este valor mais provável.

Alguns exemplos de probabilidades encontradas no modelo são:

- Probabilidade de EMAE ganhar ação de Billings: 65%
- Probabilidade de pedido relacionado ao uso da água ser aceito em arbitragem do caso de Guarapiranga: 75%
- Probabilidade de pedido relacionado ao O&M ser aceito em arbitragem do caso de Guarapiranga: 40%
- Probabilidade da manutenção de sentença da ação de instituição de compromisso arbitral do caso de Guarapiranga: 60%

9. Ferramentas

Para simular os diversos possíveis fluxos de caixa, foi elaborado um modelo em planilha de MS EXCEL contendo todos os parâmetros de valores, probabilidades e tempos. Este modelo calcula separadamente os fluxos de caixa relacionados à represa Billings e os fluxos de caixa relacionados à represa de Guarapiranga, somando os valores presente para obter-se um valor total.

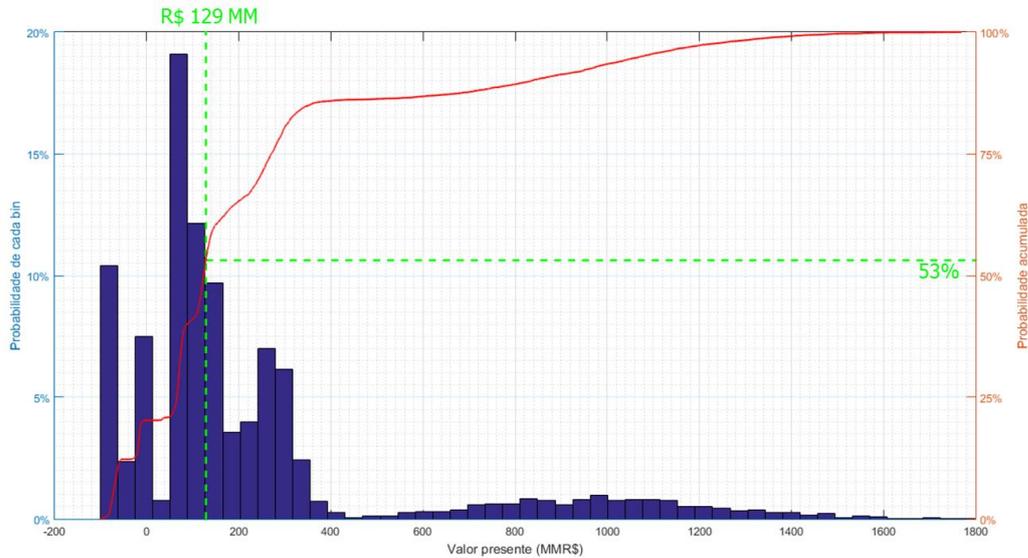
O modelo em planilha EXCEL é rodado um grande número de vezes, compilando todos os resultados para obter a distribuição de probabilidade do valor presente do resultado financeiro. Verificou-se que para a distribuição de probabilidades em questão, 10.000 simulações são suficientes para uma descrição satisfatória. Esta distribuição de probabilidades é, então, comparada com o valor presente do acordo, analisando-se valores mais prováveis, probabilidade do valor presente de não realizar o acordo ser menor ou maior que o acordo, entre outras variáveis.

10. Dados do acordo

Relembrando, o valor presente do acordo é de R\$ 129 MM. A forma de pagamento foi estabelecida da seguinte forma:

- 5 parcelas de R\$ 9.254 MM pagas anualmente, corrigidas pelo IPCA
- 26 Parcelas de 6.61 MM, pagas anualmente e corrigidas pelo IPCA.

11. Conclusões



Considerando as teses em disputa, as circunstâncias singulares que as envolvem (reservatório de usos múltiplos, bens públicos valorados por diferentes concepções, variáveis de valor das *commodities* - água e energia -; prazos de prescrição e tempos de duração dos processos etc), os quais foram inseridos em tabelas dinâmicas que consideram 10 mil cenários, a conclusão é a seguinte:

O modelo revelou os seguintes resultados comparativos considerando os valores prováveis que seriam obtidos ao final dos processos e sua equivalência com os valores acordados:

Há 53% (cinquenta e cinco por cento) de chance do resultado dos processos ser pior que o valor do acordo, assim distribuídos:

- 20% (dezoito por cento) de chance de resultado negativo com valor médio de R\$ -50 MM;
- 33% (trinta e sete por cento) de chance de ganhar em média R\$ 40 MM a menos que o acordo.
- Há 47% de chance do resultado ser melhor que o valor do acordo, assim distribuídos:
 - 13% de chance de ganhar em média R\$ 26 MM a mais que o acordo,
 - 20% de chance de ganhar em média R\$ 152 MM a mais que o acordo,
 - 14% de chance de ganho positivo com valor médio de R\$ 865 MM.

Há 86% de chance do resultado ser menor que R\$ 430 MM, com valor médio de R\$ 110 MM, R\$ 18MM a menos que o acordo

O modelo revelou o seguinte que os valores de maior probabilidade são:

Probabilidade	média (MM R\$)
19,1%	70
12,1%	108
10,4%	-82
9,7%	146
7,5%	-6
7,0%	260
6,2%	298
4,0%	222
3,6%	184
2,4%	336
2,4%	-44

Desse modo, pode-se concluir que, nesse processo de tomada de decisão sob incerteza, há justificativa teórica para aprovação do acordo, segundo os critérios do menor risco e do maior valor, representando o montante aproximado que seria obtido no cenário de maior probabilidade de êxito dos processos.



José Reinaldo Nogueira de Oliveira Junior

Optimum S/A

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

1.1 Propriedade intelectual e direitos de uso

A **EMAE** detém todos os direitos para exploração e uso próprios de todo o material produzido neste projeto. Os direitos sobre a propriedade intelectual de todo o material produzido neste projeto são da **Optimum**.

1.2 Detalhamento das etapas e atividades do projeto

1.2.1 Etapa1 – Entendimento do negócio

Esta etapa compreendeu uma única atividade:

Detalhamento dos objetivos e planejamento do projeto.

1.2.1.1 Atividade 1.1 – Detalhamento dos objetivos e planejamento do projeto

O macro-objetivo do projeto foi a otimização de estratégia de acordo em processo arbitral e processo judicial movidos pela **EMAE** em face da Sabesp.

Nesta atividade os objetivos/requisitos previamente identificados foram validados, complementados e aprofundados. Também foi delineado um plano de trabalho detalhado envolvendo todas as atividades requeridas para a concretização do projeto, bem como o seu sequenciamento lógico-temporal.

1.2.2 Etapa 2 – Entendimento dos dados

Esta etapa compreendeu 04 (quatro) atividades:

Coleta inicial de dados;

Descrição dos dados;

Exploração dos dados;

Verificação da qualidade dos dados.

1.2.2.1 Atividade 2.1 – Coleta inicial de dados

Nesta atividade foram coletados todos os dados considerados necessários para a realização do projeto.

Foram consultadas múltiplas fontes de dados, tanto públicas como as de propriedade exclusiva da **EMAE**, tais como: bancos de dados contendo as informações proprietárias da **EMAE**, sistemas de informações gerenciais, planilhas internas etc.

1.2.2.2 Atividade 2.2 – Descrição dos dados

Nesta atividade, os dados correspondentes aos atributos relevantes para a modelagem do processo de fabricação foram inspecionados e descritos quantitativamente por meio do uso de diversas ferramentas da estatística descritiva e inferencial, conforme apropriado.

1.2.2.3 Atividade 2.3 – Exploração dos dados

Nesta atividade, primeiramente foram analisadas, criticamente, as informações obtidas na atividade anterior.

Em seguida, foram utilizadas ferramentas e técnicas estatísticas apropriadas que auxiliaram a identificar eventuais relacionamentos escondidos e não-triviais nos dados coletados.

1.2.2.4 Atividade 2.4 – Verificação da qualidade dos dados

Nesta atividade foi avaliada a qualidade dos dados disponíveis. Foram consideradas questões como:

Completude dos dados (i.e., todos os dados estão disponíveis, há dados faltantes?);

Correção e consistência;

Adequação dos dados (i.e., os dados cobrem todos os casos requeridos?);

Plausibilidade dos dados.

1.2.3 Etapa 3 – Preparação dos dados

Esta etapa compreendeu 05 (cinco) atividades:

Seleção dos dados;

Limpeza dos dados;

Construção dos dados;

Integração dos dados;

Formatação dos dados.

1.2.3.1 Atividade 3.1 – Seleção dos dados

Nesta atividade, decidiu-se quais os dados que seriam usados na modelagem e na análise do problema. Foram realizadas as seguintes tarefas:

Determinação dos critérios de seleção de dados;

Filtragem dos conjuntos de dados compatíveis com os critérios de seleção estabelecidos;

Obtenção de dados adicionais (internos ou externos), caso requerido;

Identificação e determinação de técnicas de amostragem estatística, conforme apropriado.

1.2.3.2 Atividade 3.2 – Limpeza dos dados

Nesta atividade, a qualidade dos dados foi adequada ao nível requerido pelas ferramentas computacionais em uso. Foram realizadas as seguintes tarefas:

Correção, remoção ou aceitação de ruídos nos dados;

Decisão de como lidar com valores especiais e interpretação de seu significado (e.g., tratamento de *outliers*);

1.2.3.3 Atividade 3.3 – Construção dos dados

Nesta atividade, a preparação dos dados incluiu operações como:

Transformação e/ou adaptação de atributos existentes;

Construção de atributos derivados;

Construção de novos registros;

Complementação de dados faltantes.

1.2.3.4 Atividade 3.4 – Integração dos dados

Nesta atividade, foram utilizados métodos para combinar ou cruzar múltiplos registros ou tabelas de dados para criar novos registros e novas tabelas. Além disso, foi avaliada e determinada a necessidade e adequação de se agregarem níveis mais detalhados de dados.

1.2.3.5 Atividade 3.5 – Formatação dos dados

Esta atividade incluiu, unicamente, uma possível reestruturação da forma dos dados, conforme apropriado, sem mudar o seu conteúdo, em função da forma original dos dados e dos requisitos das plataformas tecnológicas e das ferramentas computacionais utilizadas para desenvolvimento do projeto.

1.2.4 Etapa 4 – Modelagem do problema

Esta etapa compreendeu 04 (quatro) atividades:

Seleção da técnica de modelagem;

Construção do plano de testes;

Construção do modelo;

Avaliação do modelo.

1.2.4.1 Atividade 4.1 – Seleção das técnicas de modelagem

Nesta atividade foram realizadas as seguintes tarefas:

Seleção das técnicas específicas de modelagem computacional probabilística empregadas no desenvolvimento da ferramenta;

Identificação de premissas necessárias para as técnicas selecionadas serem apropriadas/válidas;

Verificação de que as premissas foram obedecidas pelos dados previamente coletados e preparados;

Retorno à Etapa 3 - Preparação dos dados, conforme apropriado.

1.2.4.2 Atividade 4.2 – Construção do plano de testes

Nesta atividade foi construído um plano detalhado para testar e avaliar a qualidade final do modelo.

1.2.4.3 Atividade 4.3 – Construção do modelo

Nesta atividade foi construído o modelo propriamente dito. Foram realizadas as seguintes tarefas:

Determinação dos parâmetros iniciais do modelo e documentação das razões que justificam essas escolhas;

Construção da macro e micro estrutura do sistema de simulação baseado em agentes e em sistemas dinâmicos estocásticos híbridos;

Pós-processamento dos resultados obtidos com o sistema de simulação (e.g., visualização de gráficos descrevendo o comportamento de métricas apropriadas do negócio);

Documentação/descrição: da estrutura do modelo; de suas características relevantes; de seu comportamento; de outras interpretações/questões relevantes.

1.2.4.4 Atividade 4.4 – Avaliação do modelo

Nesta atividade foram realizadas as seguintes tarefas:

Avaliação dos resultados do modelo (i.e., avaliar a capacidade do modelo para agregar valor em relação aos objetivos definidos para o projeto);

Avaliação da plausibilidade e adequação do modelo;

Avaliação dos resultados do modelo versus o conhecimento atual disponível:

Informação obtida é inovadora e útil?

Avaliação da confiabilidade, consistência, precisão, exatidão, significância e robustez do modelo;

Revisão/alteração/aprimoramento do modelo, de forma iterativa, até se encontrar a melhor configuração;

Documentação das avaliações, revisões, alterações e aprimoramentos.

1.2.5 Etapa 5 – Validação do modelo

Esta etapa compreendeu duas atividades:

Análise crítica e validação da estrutura do modelo;

Análise crítica e validação do comportamento do modelo.

Nesta etapa, foram significativamente aprofundadas e estressadas as análises feitas na etapa anterior (Atividade 4.4 – Avaliação do modelo).

1.2.5.1 Atividade 5.1 – Análise crítica e validação da estrutura do modelo

Nesta atividade foram realizadas as seguintes tarefas:

Validação da estrutura conceitual e lógica do modelo

Identificação e análise crítica dos elementos e dos conceitos envolvidos no modelo;

Análise crítica da adequação, correção e eficácia dos critérios de avaliação da qualidade do modelo.

Validação interna

Identificação e análise crítica da macro e micro estruturas do modelo;

Análise crítica da adequação e correção das dinâmicas que descrevem o comportamento das partes isoladas do modelo.

Análise crítica da adequação e correção dos relacionamentos entre diferentes partes do modelo.

Validação externa

Determinação do domínio de validade e aplicação do modelo (i.e., capacidade do modelo em produzir resultados aplicáveis).

1.2.5.2 Atividade 5.2 – Análise crítica e validação do comportamento do modelo

Nesta atividade foram realizadas as seguintes tarefas:

Análise crítica de quão bem o comportamento do modelo reproduz com fidelidade o comportamento operacional-financeiro do processo da **EMAE**;

Reprodução de sintomas e de comportamentos característicos.

Previsão de comportamentos

Avaliação da plausibilidade e da adequação dos comportamentos previstos pelo modelo.

Avaliação dos resultados do modelo versus o conhecimento atual disponível:

Informação obtida é inovadora e útil?

Avaliação da sensibilidade e robustez do modelo

Identificação dos parâmetros em relação aos quais o modelo apresenta maior/menor sensibilidade;

Identificação dos parâmetros críticos.

Determinação das condições de estabilidade dos resultados do modelo (i.e., sensibilidade dos resultados produzidos pelo modelo quando os dados de entrada são modificados/ perturbados);

Determinação das condições de estabilidade da estrutura do modelo (i.e., sensibilidade dos resultados produzidos pelo modelo quando os parâmetros do modelo são modificados/perturbados);

Identificação e determinação da compatibilidade entre:

Os níveis de sensibilidade e de robustez apresentados pelo modelo;

Os níveis de sensibilidade e de robustez exibidos pelo sistema real.

1.2.5.3 Atividade 6.1 – Definição e construção de relatórios

Nesta atividade foram definidos e construídos os relatórios contendo os resultados (i.e., as saídas) da execução do modelo desenvolvido.

Esses relatórios foram construídos de forma a traduzir os resultados do modelo em informações claras e objetivas que permitam tomada de decisões/ações de controle inequívocas.