



## **PROJETO DE GRADUAÇÃO**

# **ANÁLISE DOS PROCESSOS DE OUTORGA PELA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA) NAS ÁREAS DO DISTRITO FEDERAL E REDE RIDE**

Por,  
**Tiago de Oliveira Mafra Teixeira**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
Faculdade de Tecnologia Departamento de Engenharia de Produção

Brasília

2023

TIAGO DE OLIVEIRA MAFRA TEIXEIRA

ANÁLISE DOS PROCESSOS DE OUTORGA PELA AGÊNCIA NACIONAL  
DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA) NAS ÁREAS DO DISTRITO  
FEDERAL E REDE RIDE

Trabalho submetido como requisito parcial  
para obtenção do grau de bacharel em  
Engenharia de Produção.

Brasília

2023

PROJETO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**ANÁLISE DOS PROCESSOS DE OUTORGA PELA AGÊNCIA NACIONAL  
DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA) NAS ÁREAS DO DISTRITO  
FEDERAL E REDE RIDE**

Tiago de Oliveira Mafra Teixeira

Banca examinadora

---

Prof. Ph.D Reinaldo Crispiniano Garcia  
UnB/EPR (Orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de começar rendendo graças à Deus, não somente por Ele ter me abençoado no decorrer da minha jornada na Universidade de Brasília, mas também por um dia Ele ter enviado seu filho, Jesus Cristo, para morrer por mim naquela cruz, mesmo eu sendo um pecador e não merecendo essa salvação de graça. Na minha vida, isso é o mais importante. Quero agradecer também à minha família por ter me ajudado de todas as maneiras possíveis durante esses cinco anos e meio de aulas noturnas. À minha linda e sábia mãe, Lígia, fica aqui meu agradecimento eterno por todo o carinho, amor, cuidado e, principalmente, por ter me ensinado tudo que sei hoje, minha primeira professora. As chineladas valeram à pena. Ao meu pai, Lúcio, meu exemplo de homem fiel, fica aqui meu agradecimento por toda paciência e pela cumplicidade durante todos esses anos. Foi me inspirando em você que hoje me formo em Engenharia. À minha vó, Dona Adília, fica aqui meu singelo obrigado. Obrigado por nunca ter desistido, mesmo com todas as dificuldades da vida. Serva boa e fiel, hoje estou colhendo esses frutos da sua perseverância durante décadas. Ao meu vô, Geraldão, te agradeço por ser um dos melhores exemplos de homens da minha vida, seu apoio foi muito importante para eu ser quem eu sou hoje. À minha Paiá, meu amor, te agradeço pelo carinho e pelo cuidado durante todos esses anos. Um exemplo de amor incondicional. À Tia Denise, meu muito obrigado por sempre me incentivar e por estar comigo em todos os momentos, sempre sendo cuidadosa e se preocupando comigo. Às minhas irmãs, Priscilla e Bianca e às minha duas princesinhas, Bela e Gigi, muito obrigado por sempre estarem ao meu lado me fazendo rir e me amando em todos os momentos da minha vida! Aos meus outros tios, cunhados e avôs, muito obrigado pelo suporte em todas as áreas da minha vida! Aos meus primos, Dante e Gabriel, muito obrigado por entrarem junto comigo na universidade e tornarem esse jornada mais emocionante e divertida. Ao meu amigo Felipe, te agradeço por todas as conversas durante esses anos e pelas orações constantes nesta reta final. Ao professor Reinaldo Crispiniano Garcia, meu muito obrigado por ter aceito ser meu orientador e pela paciência no decorrer deste projeto comigo. Encerro com um versículo que me auxiliou nesta jornada: “Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar” - Josué 1:9.

## RESUMO

As bacias hidrográficas brasileiras apresentam uma constante demanda pela utilização de seus recursos hídricos para as mais variáveis operações e finalidades. Com essa necessidade crescente e com a dificuldade de regularização desses pedidos para utilização, surge a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) que serve como reguladora dos pedidos de outorga para utilização dos recursos hídricos brasileiros. Diante disso, por causa do elevado número de pedidos de outorga, o processo acaba não sendo utilizado na sua potencialidade máxima, apresentando filas e um atraso global para a obtenção da outorga de utilização dos recursos. Este estudo aborda, então, os pedidos de outorga, no âmbito da geração de filas e na criação de modelos matemáticos e estatísticos aplicando técnicas da Pesquisa Operacional, para analisar os gargalos nos processos de outorga incluindo a Teoria das Filas e o Arena Simulation Software, para a simulação de diversos cenários, varia-se a quantidade de funcionários e a distribuição dos pedidos de outorga nos setores pré-determinados pela ANA. Ao final do estudo, foram construídos dois modelos de otimização que tornaram os pedidos de outorga mais eficientes, gerando um número consideravelmente menor de filas e do tempo de espera dessas filas.

**Palavras-chave:** Recursos Hídricos Brasileiros; Pedidos de Outorga; Pesquisa Operacional; Teoria das Filas; Simulação; Arena Simulation Software.

## **ABSTRACT**

Brazilian river basins present a constant demand for the use of their water resources for the most variable operations and purposes. With this growing need and the difficulty of regularizing these requests for use, the National Water and Basic Sanitation Agency (ANA) emerged, which serves as a regulator of grant requests for the use of Brazilian water resources. Therefore, due to the high number of grant requests, the process ends up not being used to its maximum potential, resulting in queues and an overall delay in obtaining the grant for the use of resources. This study then addresses grant requests, within the scope of generating queues and creating mathematical and statistical models applying Operational Research techniques, to analyze bottlenecks in the granting processes, including Queuing Theory and Arena Simulation Software, to simulate different scenarios, the number of employees and the distribution of grant requests are varied in the sectors pre-determined by ANA. At the end of the study, two optimization models were built that made grant requests more efficient, generating a considerably smaller number of queues and the waiting time for these queues.

**Keywords:** Brazilian Water Resources; Grant Requests; Operational Research; Queuing Theory; Simulation; Arena Simulation Software.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo padrão sistema de filas.....	20
Figura 2 - Processo de Outorga ANA.....	29
Figura 3 - Divisão dos Grupos.....	33
Figura 4 - Criação lógica do modelo.....	39
Figura 5 - Blocos adicionados ao modelo.....	40
Figura 6 - Modelo processo de outorga.....	41
Figura 7 - Parte da chegada de processos no modelo de outorga.....	42
Figura 8 - Grupo 01 do modelo de outorga .....	42
Figura 9 - Grupo 02 do modelo de outorga .....	43
Figura 10 - Grupo 03 do modelo de outorga .....	43
Figura 11 - Grupo 04 do modelo de outorga .....	44
Figura 12 - Grupo 05 do modelo de outorga .....	45
Figura 13 - Parte saída de processos no modelo de outorga.....	45
Figura 14 - Modelo Junção de Grupos .....	54
Figura 15 - Modelo Zero Fila .....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição das Probabilidade do Arena Simulation .....	21
Tabela 2 - Percentual de uso das águas por setores .....	24
Tabela 3 - Bacias hidrográficas X Nível Otto Pfafstetter.....	25
Tabela 4 - Finalidade por Quantidade Bruta.....	30
Tabela 5 - Finalidade por Quantidade Perdida.....	31
Tabela 6 - Finalidade por Quantidade Útil.....	31
Tabela 7 - Diferença Solicitação Exemplo.....	32
Tabela 8 - Finalidade por Grupo.....	34
Tabela 9 - Grupo por Quantidade de Servidores.....	34
Tabela 10 - Tempo na Fila Simulação por Grupo.....	47
Tabela 11 - Comparativo das Filas por Grupo.....	47
Tabela 12 - Número de Processos na Fila por Grupo .....	48
Tabela 13 - Quantidade de Servidores pelo Uso.....	49
Tabela 14 - Pedidos de Outorga por mês.....	51
Tabela 15 - Pedidos de Outorga por mês - Irrigação .....	52
Tabela 16 - Junção Grupo 03 com Grupo 01 .....	53
Tabela 17 - Comparação dos Servidores .....	55
Tabela 18 - Processos dos Modelos .....	55
Tabela 19 - Servidores modelo Zero Fila .....	57

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Consumo de Recursos Hídricos no Brasil em 2019 .....	13
Gráfico 2 - Distribuição solicitações de entrada .....	35
Gráfico 3 - Distribuição Grupo 01 .....	36
Gráfico 4 - Distribuição Grupo 02 .....	37
Gráfico 5 - Distribuição Grupo 03 .....	37
Gráfico 6 - Distribuição Grupo 04 .....	38
Gráfico 7 - Distribuição Grupo 05 .....	38
Gráfico 8 - Uso dos servidores .....	49

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
1.1 Contextualização .....	12
1.2 Motivação.....	14
1.3 Objetivo Geral .....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	16
2.1 Pesquisa Operacional.....	16
2.2 Mapeamento de processos.....	17
2.3 Modelagem e simulação de sistemas .....	18
2.4 Teoria de Filas .....	19
2.5 Arena Simulation Software.....	21
2.6 Utilização de recursos hídricos no Brasil .....	23
2.7 Bacias hidrográficas brasileiras .....	24
3 METODOLOGIA.....	27
4 DESENVOLVIMENTO DO MODELO.....	29
4.1 Análise e Segmentação dos Dados .....	29
4.2 Construção do Modelo para a realidade .....	35
4.2.1 <i>Inputs</i> do Modelo .....	35
4.2.2 Tempo de Processamento do Modelo.....	36
4.2.3 Criação do Modelo no Arena .....	39
4.3 Interpretação dos resultados obtidos .....	46
4.3.1 Tempo da fila.....	46
4.3.2 Número de processos na fila .....	48

4.3.3 Utilização dos servidores.....	48
4.3.4 Resumo do modelo .....	49
4.4 Construção do Modelo com as melhorias sistema.....	50
4.4.1 Modelo Junção de Grupos .....	51
4.4.2 Modelo Zero Fila.....	54
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59
APÊNDICE .....	62
APÊNDICE 1 - Modelo processo de outorga .....	62
APÊNDICE 2 - Modelo Junção de Grupos.....	67
APÊNDICE 3 – Modelo Zero Fila.....	72

## 1 INTRODUÇÃO

Esta introdução descreve o problema que será estudado nos próximos capítulos subsequentes, trazendo uma breve contextualização da questão estudada e, principalmente, a motivação para o estudo.

### 1.1 Contextualização

O crescimento populacional mundial está em ascensão desde os primórdios da Revolução Industrial e, no final de 2022, foi atingida a marca de 8 bilhões de pessoas no mundo.

No Brasil, segundo o IBGE, o crescimento foi de 6,5% no período de 2010 a 2022, apresentando uma média de crescimento anual de quase 1 milhão e 200 mil pessoas. Diante desse quadro, as cidades ficam mais populosas a cada ano, mesmo sem a infraestrutura necessária para tal contingente populacional.

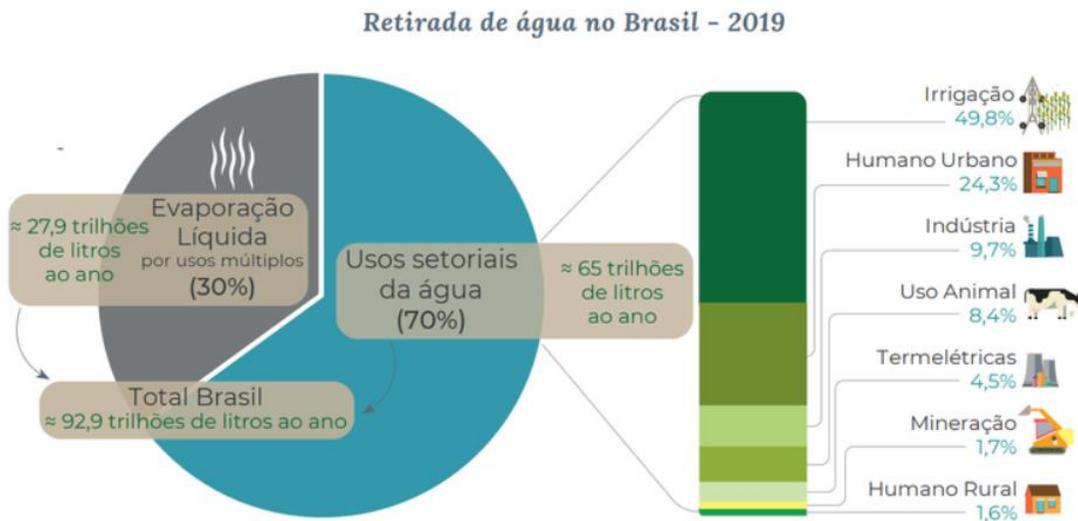
A utilização de recursos escassos e finitos, como os hídricos, se torna, assim, uma questão humanitária e de difícil administração para as nações.

Por ser uma questão mundial e humanitária, a Organização das Nações Unidas (ONU) publicou um relatório baseado no indicador 6.4.2 do (SDG): “Nível de estresse hídrico: retirada de água doce como proporção dos recursos de água doce disponíveis”, Nesse relatório, existe uma comparação do nível de estresse da água por macrorregiões com o nível mundial. Por nível de estresse da água, entende-se como sendo uma medida da pressão que as atividades humanas exercem sobre os recursos naturais da água. Portanto, quanto mais interferência humana, maior é a pressão sobre os recursos hídricos. Em particular, a América Latina teve um acréscimo de 15,4% em seu estresse hídrico, sendo o segundo maior índice da pesquisa, apenas atrás da parte sul da Ásia.

Um dos mecanismos para evitar que o estresse hídrico aumentasse no Brasil, foi a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), instituída pela Lei nº 9.984/2000, cujo principal objetivo é a: instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico. Para reforçar a ainda mais a importância de se evitar o estresse, foi criada também a Lei nº 14.026/2020 que aborda sobre o novo marco legal do saneamento básico.

Com sua criação, a ANA estuda a utilização dos recursos hídricos brasileiros, ou seja, o objetivo é avaliar a finalidade da água advinda das reservas brasileiras. Assim, analisando o Gráfico 1, observa-se que o maior setor responsável pela utilização da água é o setor da irrigação, chegando quase a 50% de todos os recursos hídricos totais, seguido, pelo setor da subsistência humana, com 24%:

Gráfico 1: Consumo de Recursos Hídricos no Brasil em 2019



Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)

Outro objetivo crucial para a instituição da ANA foi a unificação dos pedidos de outorga para utilização dos recursos hídricos brasileiros. A outorga, nesse caso, é a autorização do uso desses recursos de maneira legal, por um período pré-determinado. Esse objetivo foi contemplado no Art. 5º da Lei nº 9.433/1997 transcrito a seguir, mais especificamente no inciso III.

Art. 5º São instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- I - os Planos de Recursos Hídricos;
- II - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- IV - a cobrança pelo uso de recursos hídricos;

V - a compensação a municípios;

VI - o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Diante disso, o foco deste estudo, dentro do âmbito da ANA, é o direcionado ao processo de outorga em si, com o objetivo de entender o porquê alguns pedidos de outorga são mais demorados que outros, acarretando filas e, como consequência, tempo perdido. Para avaliar os possíveis gargalos no processo de outorga, o ramo da Teoria de Filas foi aplicado para sintetizar como, que, segundo Gross (1998), pode ser sintetizado como um problema matemático no qual os clientes precisam de algum atendimento. Caso não haja filas, eles são atendidos imediatamente e saem do sistema. Se, todavia, houver filas, eles esperam para serem atendidos e depois saem do sistema também.

Assim, a Teoria de Filas é algo fundamental para este estudo dos processos de outorga e do tempo de cada um, porque Gross (1988) define que “A Teoria das Filas foi desenvolvida para fornecer modelos para prever o comportamento de sistemas que tentam fornecer serviços para demandas que surgem aleatoriamente.”

Logo, o principal objetivo deste estudo é entender o porquê de alguns processos de outorga demorarem mais que outros, utilizando-se da Teoria de Filas e de outros *softwares* de simulação, que serão mencionados posteriormente no decorrer do estudo.

## **1.2 Motivação**

A outorga é iniciada quando a parte interessada requer um pedido junto à ANA, para utilização dos recursos hídricos para fins diversos. Após o requerimento, o pedido de outorga de utilização é recebido, analisado e, ao final, é emitido um parecer sobre sua aceitação ou não.

O entendimento do comportamento destes pedidos de outorga, mais especificamente, do seu tempo de duração, desde o pedido até a resposta final, se torna essencial para que a ANA saiba quão otimizados estão seus processos internos, e, para entender se existe alguma relação entre as variáveis categóricas (área de utilização da água e bacia hidrográfica, por exemplo) para que alguns processos tenham filas mais longas que outros.

Este estudo possibilitará avaliar porque alguns dos processos da ANA são tão onerosos.

### **1.3 Objetivo Geral**

Este projeto visa avaliar a demora dos processos de outorga, da Agência Nacional de Água e Saneamento (ANA), e, em particular, da Bacia do Paraná, utilizando-se da Teoria de Filas; *softwares* de simulação, como o *Arena Simulation Software*. Abaixo, tem-se a estrutura geral deste estudo:

1. Compreender onde estão os gargalos no processo de outorga;
2. Construir um modelo de simulação que se assemelhe à realidade estudada;
3. Construção de um modelo com as melhorias possíveis do sistema;
4. Avaliar a viabilidade do modelo no sistema da ANA;
5. Elencar possibilidades de adequação do sistema para inserir as melhorias desejadas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentados conceitos e temas pertinentes à construção de ideias e pressupostos que serão utilizados no decorrer deste estudo. Assuntos gerais como Pesquisa Operacional, Mapeamento de Processos, Modelagem e Simulação de Sistemas, Teoria de Filas e o *Software Arena Simulation* serão discutidos. Assuntos mais focados na temática apresentada, como Utilização de Recursos Hídricos no Brasil e informações sobre as Bacias Brasileiras, também serão explicados de forma mais técnica.

### 2.1 Pesquisa Operacional

A área de maior importância deste estudo é um dos pilares da Engenharia de Produção, chamada, Pesquisa Operacional (P.O.). Em seu livro *Operations Research*, Murthy (2007) resume o objetivo da área como sendo:

“Pesquisa Operacional é um ramo da matemática - especialmente matemática aplicada, usada para fornecer uma base científica para que a administração tome decisões oportunas e eficazes para seus problemas. Ela tenta evitar os perigos de tomar decisões meramente por meio de suposições ou usando regras práticas.”

Dessa forma, essa área é de suma importância para, praticamente, todas as situações nas quais existam alguma tomada de decisão. Logo, técnicas de P.O. tem resolvido uma quantidade infinita de problemas relacionados à tomada de decisões de maneira incorreta.

Diante disso, a primeira etapa para o desenvolvimento de um estudo na área de Pesquisa Operacional é a formulação do problema, por meio de estudos, artigos e coleta dos dados necessários. A próxima etapa é transformar esse problema em um modelo matemático que possa ser estimado para comprovar a hipótese inicial. Por fim, é necessária a realização de experimentos e testes para validar ou refutar a hipótese inicial e, caso surjam outras hipóteses no decorrer do estudo, deve-se alterar o modelo, conforme necessário. A última é frequentemente conhecida como validação do modelo. (Hillier, 2013)

## 2.2 Mapeamento de processos

A atividade de mapear os processos é algo intrínseco à Engenharia de Produção, porque em todas as áreas o levantamento de como as atividades organizacionais funcionam é, normalmente, um ponto de partida para alguns apontamentos de melhorias, tanto estruturais, quanto específicos.

A terminologia processo é definida como uma ordenação específica de atividades de trabalho através do tempo e do espaço, um início, um fim e um conjunto de entradas e saídas claramente definidas (DAVENPORT, 1994). Já o mapeamento de processos pode ser sintetizado como sendo uma ferramenta gerencial analítica e de comunicação que tem a intenção de ajudar a melhorar os processos existentes ou de implantar uma nova estrutura voltada para os processos. (Villela, 2000). Assim, buscase sempre encontrar possibilidades de melhoria e conseguir aumentar a produtividade do processo dentro do ciclo de vida de algum produto ou serviço.

A técnica de mapeamento de processos pode ser realizada por diversos *softwares* e com uma infinidade de possibilidades. Essa variação ocorre pelo fato da diferença de objetivos para cada mapeamento, bem como o nível de especificidade necessária de cada um. Logo, alguns *softwares* são mais indicados para uma visão mais completa, mesmo demorando mais, enquanto outros são indicados para resultados rápidos, mas não abarcando todas as especificidades.

Para o caso do processo de outorga, foi escolhido o *software Bizagi Modeler*, tanto pela aparência visual agradável, quanto pela praticidade e porque o processo apresentou pouca dificuldade, em termos de etapas a serem mapeadas. No decorrer do estudo, os resultados desse mapeamento serão elucidados de forma mais completa.

Esse entendimento de como realizar um mapeamento de processos, ao apresentar um olhar crítico e buscar as melhores oportunidades de melhorias, foi algo crucial para que o processo de outorga fosse entendido totalmente, desde a entrada de um pedido de outorga até sua resposta final, favorável ou não.

Assim, esta técnica estará presente sendo uma das bases primordiais que subsidiaram todas as conclusões e melhorias apresentadas no decorrer deste estudo.

### 2.3 Modelagem e simulação de sistemas

A modelagem e simulação de sistemas são utilizadas como soluções para a análise e a construção de soluções de quaisquer problemas encontrados em alguma organização. Por modelagem de sistemas entende-se, segundo Junqueira (2006):

"A modelagem de sistemas pode ser definida como a prática de construir modelos para representar sistemas reais existentes ou sistemas hipotéticos. Através desses modelos, realizam-se experimentos com o objetivo de: (1) explicar o comportamento dos sistemas; (2) desenvolver teorias ou hipóteses que considerem o comportamento observado; (3) melhorar o desempenho do sistema; (4) projetar novos sistemas com o desempenho desejado; e/ou (5) descrever comportamentos futuros ou o efeito produzido por mudanças no conjunto das entradas."

Já a simulação de sistemas é um conjunto de métodos e ferramentas que buscam descrever um fenômeno real da forma mais fiel possível, por meio de um modelo que pode ser analisado posteriormente (ROSS, 2013). Segundo os estudos realizados por Kelton (2006) e Garrido (2009), as simulações de sistema podem ser divididas nas seguintes categorias:

1. Estático X Dinâmico: a diferença se encontra no fator tempo. Enquanto no estático, o tempo não é levado em consideração, ou seja, não apresenta uma variação do tempo; no dinâmico o tempo é utilizado, inclusive para ver como as ações e atividades ocorrem ao longo de um prazo determinado. Assim, os modelos em geral são dinâmicos, porque o quesito tempo é algo muito valioso para quase todos os tipos de operações estudadas em uma simulação.
2. Determinístico x Estocástico: os modelos determinísticos são aqueles que não apresentam entradas aleatórias, dessa forma, são baseados em valores previsíveis e fixos, apresentando uma forma mais fácil de mensuração. Como exemplo, pode-se ter um consultório médico, onde as consultas são fixas e marcadas anteriormente à chegada dos clientes ao consultório. Já o modelo estocástico apresenta uma aleatoriedade natural dos dados que chegam ao sistema, como, por exemplo, um restaurante, no qual pessoas chegam de forma aleatória, e demandam tempos diferentes de atendimento e permanecem por períodos de tempos diferentes no estabelecimento. Aqui não há uma

obrigatoriedade entre um em detrimento do outro, deve-se, todavia, levar em consideração a possibilidade da entrada de mais ou menos dados, baseado na aleatoriedade em questão.

3. Contínuo X Discreto: em um modelo contínuo o estado do sistema pode mudar continuamente durante o sistema, ou seja, pode-se adicionar ou retirar dados ao longo de qualquer parte do sistema. Como exemplo, tem-se o mesmo restaurante citado anteriormente, no qual as pessoas podem chegar e ir embora a qualquer momento do sistema. Agora, o modelo discreto é caracterizado pela possibilidade das mudanças serem em momentos específicos e distintos no tempo, como uma indústria, na qual os colaboradores realizam pausas, somente, em horários pré-fixados e específicos.

Diante disso, tanto a modelagem quanto a simulação são temas cruciais para que o mapeamento de processos, citado no item anterior, não fique obsoleto dentro da empresa, fazendo com que as melhorias possam ser testadas a priori de sua implementação por modelos matemáticos e *softwares* específicos para tal.

## **2.4 Teoria de Filas**

É comum na sociedade atual em qualquer local onde tenha interação com clientes apresentar demora e perda de eficiência no atendimento, dessa maneira, são formadas as filas. Elas apresentam, sempre, consequências negativas para as partes envolvidas podendo variar às suas implicações em cada caso. As filas podem ter consequências menores ou mais graves, incluindo as filas em postos de combustível, ou as que geram risco humanitário, como as em hospitais, respectivamente

Por causa das implicações negativas e pela própria perda de produtividade, foi criado um ramo dentro da área de probabilidade, intitulado Teoria de Filas, Cooper (1981). A Teoria de Filas é uma representação abstrata cujo objetivo é isolar os fatores relacionados à capacidade do sistema de atender às demandas de serviço, cujas ocorrências e durações são aleatórias. Na maioria das vezes, os modelos de filas simples são segmentados em processos de chegada, mecanismos de atendimento e disciplinas da fila. O conceito por trás de cada item é o seguinte (Cooper, 1981):

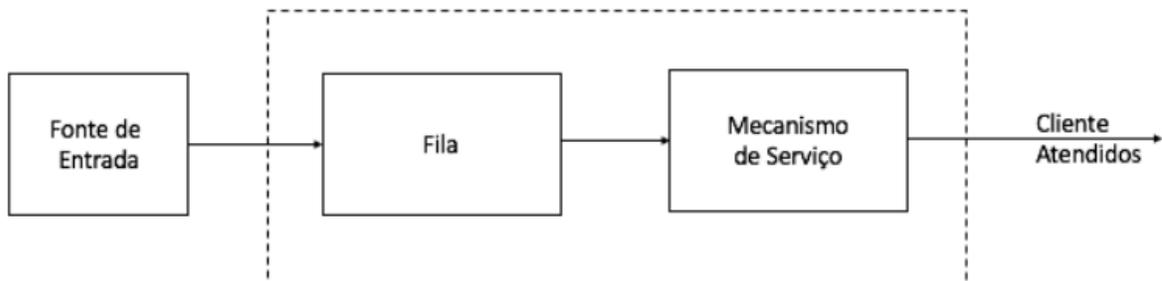
1. Processo de chegada: especificar a estrutura probabilística da maneira como ocorrem as demandas de serviço durante um determinado período de tempo.
2. Mecanismos de atendimento: descrever o número de servidores e a estrutura probabilística da duração do tempo necessário para atender um cliente que chega no sistema hipotético.
3. Disciplina da fila: detalhar a ordem na qual os clientes em espera são selecionados na fila para atendimento.

Por ser um problema mundial, seu estudo é algo crucial para se otimizar os processos desejados. Essa percepção do problema é elucidada por Hillier e Lieberman (2001) da seguinte maneira:

“A quantidade de tempo que a população de uma nação perde esperando em filas é um factor importante tanto na qualidade de vida como na eficiência da economia da nação. Por exemplo, antes da sua dissolução, a URSS era conhecida pelas filas tremendamente longas que os seus cidadãos frequentemente tinham de suportar apenas para comprar bens de primeira necessidade.”

Conforme os estudos e as proposições de Hillier e Lieberman (2001), uma estrutura básica do modelo de filas é representada pela Figura 1:

Figura 1: Modelo padrão sistema de filas



Fonte: Hillier e Lieberman (2001)

Diante disso, pode-se perceber que a Teoria de Filas é algo pertinente para o estudo dos processos de outorga da ANA, porque a estrutura lógica é a mesma nas duas situações (Figura 1).

## 2.5 Arena Simulation Software

O *Arena Simulation Software* é um software que tem como objetivo realizar simulações de eventos e outros modelos probabilísticos e matemáticos, principalmente envolvendo a área da Pesquisa Operacional e de Logística. Para isso, ele conta com um ambiente gráfico integrado para realização de modelagem de processos, análise estatística e de resultados, por meio de animações e de relatórios descritivos.

Ele é organizado primordialmente por meio de um sistema de blocos no qual o usuário pode escolher o que melhor combina com a simulação desejada. A construção lógica desses blocos é a mesma que na construção de alguma modelagem de processos, como mencionados neste estudo, e tem como objetivo entender todas as etapas e divisões que são utilizadas pelos clientes da simulação. Para isso, o Arena contém os tipos de distribuições de probabilidades mais utilizadas, segundo KELTON, SADOWSKI e STURROCK (2006), representadas na Tabela 1:

Tabela 1. Distribuição das Probabilidade do Arena Simulation

Distribuição	Nome Arena	Tipo	Quando utilizar
Exponencial	<i>EXPO</i>	Contínua	É amplamente utilizada para modelar tempos “aleatórios” entre chegadas em tempo contínuo. Os exemplos incluem desde a chegada de clientes, tempos até a falha
Normal	<i>NORM</i>	Contínua	É usada para modelar muitos fenômenos aleatórios que podem ser expressos como somas de variáveis aleatórias, em virtude do teorema do limite central.

Triangular	<i>TRIA</i>	Contínua	É usada quando a distribuição subjacente é desconhecida, mas é razoável assumir que o espaço de estados varia de algum valor mínimo, $a$ , a algum valor máximo, $b$ , com o valor mais provável estando em algum lugar intermediário, em $c$ .
Uniforme	<i>UNIF</i>	Contínua	É comumente empregada na ausência de informações sobre a distribuição subjacente que está sendo modelada.
Erlang	<i>ERLA</i>	Contínua	É útil na modelagem múltiplas “fases” exponenciais com uma taxa comum.
Beta	<i>BETA</i>	Contínua	É frequentemente usada em estatística para modelar uma probabilidade desconhecida, considerada uma variável aleatória.
Gama	<i>GAMM</i>	Contínua	É frequentemente usada para representar o tempo necessário para completar uma tarefa, como, por exemplo, o tempo de reparo de uma máquina.
Johnson	<i>JOHN</i>	Contínua	É uma variação da distribuição Contínua Normal.
Log-Normal	<i>LONG</i>	Contínua	É usada em situações em que a quantidade é produto de um grande número de quantidades aleatórias e também é usada para representar tempos de tarefas que têm uma distribuição distorcida à direita.
Poisson	<i>POIS</i>	Discreta	É usada para modelar o número de eventos aleatórios que ocorrem em um intervalo de

			tempo fixo e modelar chegadas externas a uma variedade de sistemas, onde os clientes que chegam tomam decisões independentes sobre chegadas.
Weibull	<i>WEIB</i>	Contínua	É frequentemente usada na modelagem do processo de envelhecimento de componentes na análise de confiabilidade.

Fonte: (KELTON, SADOWSKI e STURROCK, 2006)

Com isso, a sua utilização foi essencial para entender o comportamento dos processos de outorga. Em um primeiro momento, o tema foi aplicado para identificar qual distribuição melhor se encaixaria para o estudo dos dados disponibilizados. E, posteriormente para realizar a simulação do problema e de seus dados. Com isso, foi observada a criação de filas, entendendo seu comportamento dos mesmos, e, ao final, criando de uma animação sobre o problema geral.

## 2.6 Utilização de recursos hídricos no Brasil

A água é uma substância essencial à vida. Assim, o uso dos recursos hídricos de um país tem, como primeiro objetivo, a subsistência de sua população, em todos os níveis possíveis, desde o consumo, até o uso em seu saneamento básico e outras atividades secundárias ligadas aos cidadãos.

Mesmo a maior parte dessa utilização sendo para o consumo humano, um grande número de países em desenvolvimento, como o Brasil, não consegue oferecer, para toda a população, o abastecimento de água de forma satisfatória, porque o planejamento para desenvolver projetos hídricos é normalmente inadequado e resulta em projetos fracassados, Brookshire (1993). Isso causa uma grande perda financeira, de tempo, e, em alguns casos, até mesmo de vidas.

O uso desses recursos no Brasil, que chegam à marca de, aproximadamente, 65 trilhões de litros por ano, pode ser resumido por setores na Tabela 2

Tabela 2. Percentual de uso das águas por setores

<b>Setores</b>	<b>Percentual de uso das águas (%)</b>
Irrigação	49,8%
Humano	25,9%
Indústria	9,7%
Uso animal	8,4%
Termelétricas	4,5%
Mineração	1,7%

Fonte: O autor (2023)

Diante do apresentado, é possível ver que a Irrigação é o setor que mais consome os recursos hídricos do Brasil, representando quase metade de todo litro de água extraído, mesmo enquanto algumas regiões do Brasil não têm acesso a água potável. Como exemplo dessa discrepância tem-se o Nordeste, onde a população que não tem acesso à distribuição da água para subsistência chega a 22,5% de toda população da região (Reymão & Saber 2009).

Esses dados serão enfatizados nos próximos capítulos, nos quais serão vistos que o principal motivo para o pedido de outorga é a utilização da água para uma posterior irrigação.

## **2.7 Bacias hidrográficas brasileiras**

As bacias brasileiras são muito importantes para se entender os processos de outorga. Para serem aceitos, a ANA leva em consideração o nível de água da bacia que vai abastecer o pedido para a aprovação ou não do pedido de outorga. Assim, uma enumeração das Bacias hidrográficas, principalmente a bacia do Rio Paraná se torna necessária para a elaboração deste estudo.

Com dados da ANA (2021), foi construída a Tabela 3, que mostra um comparativo das Bacias hidrográficas apresentando, a metodologia de Pfafstetter (1989), que diz respeito sobre a hierarquização da rede hidrográfica, sendo de fácil implementação e de aplicação global. Ela foi restrita, na Tabela 3, para os níveis 2 e 3:

Tabela 3. Bacias hidrográficas X Nível Otto Pfafstetter

<b>Bacias hidrográficas</b>	<b>Nível Otto Pfafstetter</b>
Bacia Tocantins-Araguaia	2
Bacia do Rio Amazonas	2
Bacia do Rio da Prata	2
Bacia do Rio das Mortes	3
Bacia do Rio Cajari	3
Bacia do Rio Mearim	3
Bacia do Rio Parnaíba	3
Bacia do Rio Uruguai	3
Bacia do Rio Xingu	3
Bacia do Rio Jacaré Grande	3
Bacia do Rio São Francisco	3
Bacia do Rio Pacajá	3
Bacia do Rio Madeira	3
Bacia do Rio Tapajós	3
Bacia do Rio Paraná	3

Bacia do Rio Negro	3
Bacia de nome não identificado	3
Bacia Capim-Ararandeuá	3
Bacia do Rio Araguari	3
Bacia do Canal das Tartarugas	3
Bacia do Rio Tocantins	3
Bacia do Rio Doce	3

Fonte: ANA (2021)

O capítulo a seguir descreve a Metodologia aplicada para o desenvolvimento deste projeto.

### 3 METODOLOGIA

O objetivo deste capítulo é elencar e explicar as etapas que foram realizadas para a construção do resultado final deste estudo. Apresentando, portanto, o método de pesquisa escolhido, as fontes detalhadas de coleta de dados e o modo de implantação e análise utilizado.

**1. Análise do problema:** A primeira parte do estudo se baseia em analisar o problema em si. Para isso, são levantadas informações essenciais do problema e outras que servirão de apoio para o estudo. As informações serão representadas como diagramas de fluxo de lógica, árvores de hierarquia, narrativa ou qualquer outro meio conveniente de representação (Altiok e Melamed 2007). Assim, quando o levantamento de informações necessárias é finalizado, o problema pode ser estudado mais a fundo e os dados necessários para sua construção podem ser identificados e levantados.

**2. Compreender e segmentar os dados:** Com os dados coletados é necessário procurar entender como realizar uma segmentação ou divisão que faça sentido para o estudo. Nesse ponto, modelos matemáticos e técnicas de estatística são fundamentais para que dos dados brutos coletados sejam retirados padrões e outros *insights* que ajudem na criação de hipóteses sobre a situação e para posterior idealização do modelo.

**3. Construir um modelo de simulação ideal que se assemelhe à realidade estudada:** A partir dos dados coletados, é feita a idealização de um modelo hipotético, sendo necessário adequá-lo aos dados mencionados e aos resultados que servirão para o estudo. Após essa definição de objetivo para a simulação, entra em questão, de fato, a utilização de sistemas que possam permitir que a simulação ocorra. Nesse ponto, foi utilizado, o já mencionado, software Arena para a criação de hipóteses acerca dos dados, verificação de sua normalidade, produção da simulação em si e para a disposição dos resultados finais.

**4. Interpretar os resultados obtidos na simulação:** Com os resultados já obtidos, via modelo construído, o próximo passo, é verificar se eles estão em sintonia com as hipóteses levantadas anteriormente. Se eles não estiverem, é necessário a criação de uma outra hipótese e realizar a fase anterior, novamente. Caso eles estejam em sintonia com a hipótese, é imprescindível que uma análise seja feita para identificar possíveis *gaps* e/ou melhorias na simulação e no sistema em si.

**5. Construção de um modelo com as melhorias possíveis do sistema:** Com os resultados já interpretados, o levantamento de novas hipóteses se torna necessário para que o problema possa ser compreendido para uma nova possibilidade de variáveis, diferente dos iniciais. Para isso, é necessário a adequação do modelo de simulação previamente utilizado para algo que se encaixe com o novo problema, em busca sempre de melhorias no antigo.

**6. Interpretar os resultados obtidos no modelo com melhorias:** A próxima etapa é realizar uma reavaliação dos novos resultados pretendidos, sempre em comparação aos primeiros resultados. Se eles forem similares, é recomendado que o modelo seja modificado e que novos resultados sejam interpretados. Caso os resultados sejam os esperados na fase de hipótese, é preciso verificar a viabilidade do modelo em si.

**7. Avaliar a viabilidade do modelo:** Nessa etapa, é realizada a viabilidade técnica, financeira e organizacional do modelo que apresente as melhores soluções para a hipótese, porque é ineficiente se ele for o que mais se assemelhe ao modelo ideal criado, se não for possível para a organização implementá-lo por algum motivo.

**8. Elencar possibilidades de adequação do sistema para inserirem as melhorias desejadas:** Por fim, é necessário a criação de uma lista contendo todas as melhorias possíveis para o problema, vide passos anteriores, e uma segunda lista com as limitações do modelo para a organização. Com isso em mãos, é necessário que se encontre um ponto de equilíbrio entre elas, buscando sempre a viabilidade para as melhorias do problema em si, de forma a otimizar todo o processo deste estudo.

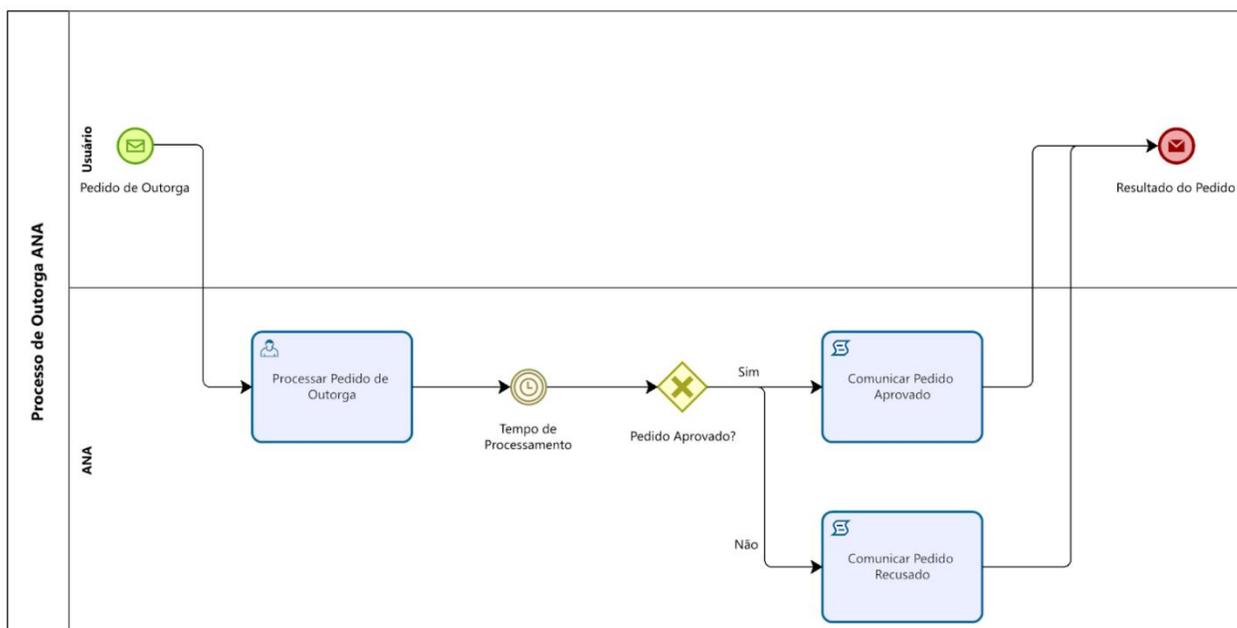
## 4 DESENVOLVIMENTO DO MODELO

Este capítulo tem como principal função o desenvolvimento do modelo para a diminuição das filas encontradas nos processos de outorga da ANA. Para esse objetivo, foram criados dois modelos distintos para comparação.

### 4.1 Análise e Segmentação dos Dados

A primeira parte da criação do modelo é entender como é realizado o processo de outorga pela ANA. Para isso, foi construído, por meio da Figura 2, o processo de outorga, de forma resumida, baseado em dados e reuniões realizadas com servidores da ANA, utilizando-se do *software* Bizagi.

Figura 2 - Processo de Outorga ANA



A Figura 2 foi utilizada para o entendimento de como o processo de outorga realmente ocorria na ANA, ressaltando as pessoas envolvidas e como era realizado a comunicação dos servidores com os usuários.

A análise dos dados, cedidos pela ANA, sobre o tempo dos processos de outorga, bem como sua finalidade de utilização para que o processo pudesse ser entendido de forma plena. Assim, os dados foram validados e foi construída, abaixo, a Tabela 4 para o estudo da Finalidade pela quantidade bruta de pedidos de Outorga:

Tabela 4 - Finalidade por Quantidade Bruta

<b>Finalidade</b>	<b>Qnt bruta</b>	<b>% da Qnt bruta</b>
Abastecimento Público	38	1,52%
Aproveitamento Hidroelétrico	33	1,32%
Aquicultura em Tanque Escavado	44	1,76%
Consumo Humano	124	4,97%
Criação Animal	29	1,16%
Esgotamento Sanitário	44	1,76%
Indústria	65	2,61%
Irrigação	1599	64,14%
Mineração - Extração de Areia/Cascalho em Leito de Rio	374	15,00%
Mineração - Outros Processos Extrativos	35	1,40%
Outras	101	4,05%
Reservatório	7	0,28%

Fonte: O autor (2023)

Uma outra distinção necessária é a diferença entre os dados brutos e os úteis. Os dados úteis são os que apresentam data de publicação do processo de outorga, necessária para o estudo do tempo médio e tempo total entre solicitação e publicação. Já os brutos, não apresentam tal informação.

Dessa maneira, foi construída a Tabela 5 ,com os dados perdidos, isto é, os dados que não apresentam a data de publicação mencionada e a Tabela 6 com os dados úteis que serão utilizados na criação do modelo em si:

Tabela 5 - Finalidade por Quantidade Perdida

<b>Finalidade</b>	<b>Qnt perdida</b>	<b>% Qnt perdida</b>
Abastecimento Público	20	52,63%
Aproveitamento Hidroelétrico	11	33,33%
Aquicultura em Tanque Escavado	33	75,00%
Consumo Humano	106	85,48%
Criação Animal	28	96,55%
Esgotamento Sanitário	19	43,18%
Indústria	37	56,92%
Irrigação	664	41,53%
Mineração - Extração de Areia/Cascalho em Leito de Rio	269	71,93%
Mineração - Outros Processos Extrativos	21	60,00%
Outras	94	93,07%
Reservatório	4	57,14%

Fonte: O autor (2023)

Tabela 6 - Finalidade por Quantidade Útil

<b>Finalidade</b>	<b>Qnt útil</b>	<b>% da Qnt útil</b>
Abastecimento Público	18	1,52%
Aproveitamento Hidroelétrico	22	1,85%
Aquicultura em Tanque Escavado	11	0,93%
Consumo Humano	18	1,52%
Criação Animal	1	0,08%

Esgotamento Sanitário	25	2,11%
Indústria	28	2,36%
Irrigação	935	78,77%
Mineração - Extração de Areia/Cascalho em Leito de Rio	105	8,85%
Mineração - Outros Processos Extrativos	14	1,18%
Outras	7	0,59%
Reservatório	3	0,25%
Total	1187	100%

Fonte: O autor (2023)

Mesmo com a perda de alguns dados, a Irrigação continua ainda mais significativa, com relação ao percentual total de pedidos de outorga, representando quase 79% de todos os pedidos feitos à ANA.

Um outro estudo importante realizado, para entender o comportamento de chegada de pedidos de outorga, foi analisar a variável tempo dos pedidos que chegam à ANA, ou seja, quanto tempo demora para chegar um novo pedido no sistema.

A Tabela 7 foi obtida para demonstrar como essa média foi calculada, sendo sempre a diferença entre as Datas de Solicitação. Vale ressaltar que para esse cálculo as datas foram dispostas da menor data para a maior data, e que a hora, minuto e segundo da solicitação foram ocultadas, para que a série histórica faça sentido para um estudo de chegada de novos processos no modelo:

Tabela 7 - Diferença Solicitação Exemplo

<b>Finalidade</b>	<b>Data Solicitação</b>	<b>Diferença Solicitação (dias)</b>
Aproveitamento Hidroelétrico	29/12/2017	17,3007
Aproveitamento Hidroelétrico	15/01/2018	29,1715
Reservatório	13/02/2018	121,4778
Aproveitamento Hidroelétrico	15/06/2018	0,1653

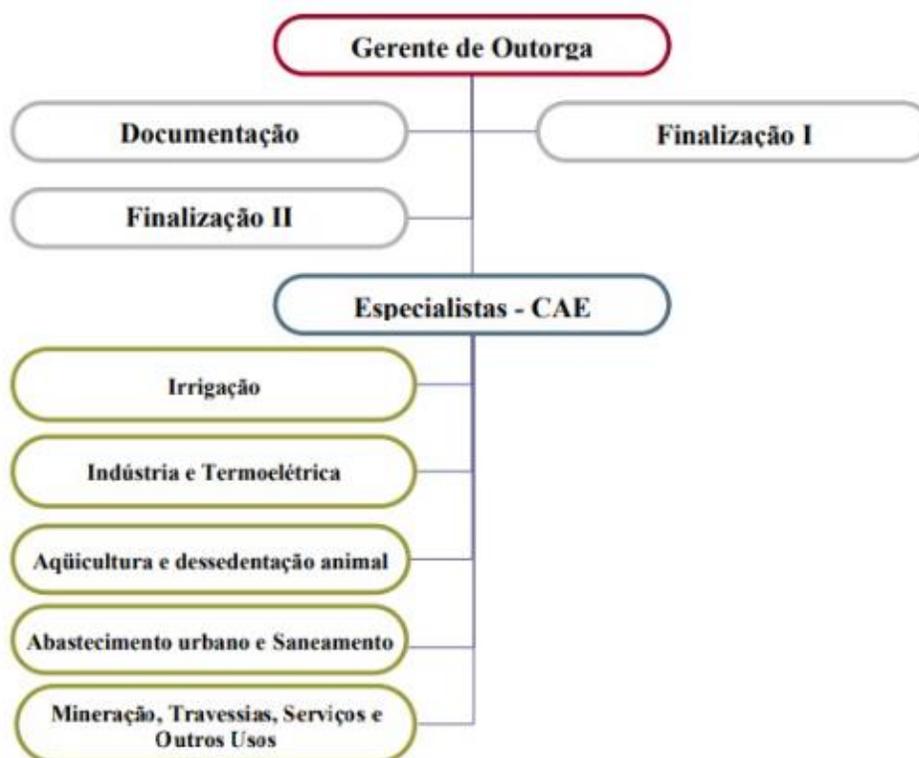
Aproveitamento Hidroelétrico	15/06/2018	0,0104
Aproveitamento Hidroelétrico	15/06/2018	0,0069
Aproveitamento Hidroelétrico	15/06/2018	0,0042
Aproveitamento Hidroelétrico	15/06/2018	0,0104
Aproveitamento Hidroelétrico	15/06/2018	0,0056
Aproveitamento Hidroelétrico	15/06/2018	52,8625

Fonte: O autor (2023)

Para essa exemplificação, foram utilizados apenas 10 pedidos de outorga, para demonstrar o modelo de cálculo. Todavia, o modelo foi realizado para os 1208 dados de outorga úteis, apresentando uma média de 1,48 dias entre as Datas de Solicitação. Portanto, em média a cada 1,48 dias um novo pedido de outorga chega à ANA.

O próximo passo foi utilizar a segmentação disposta pela ANA, Figura 3, das 12 finalidades nos 5 Grupos dos Especialistas, para o estudo do processo de outorga:

Figura 3 - Divisão dos Grupos



Fonte: O autor (2023)

Tabela 8 - Finalidade por Grupo

<b>Finalidade</b>	<b>Grupo</b>
Abastecimento Público	2
Aproveitamento Hidroelétrico	5
Aquicultura em Tanque Escavado	1
Consumo Humano	2
Criação Animal	1
Esgotamento Sanitário	2
Indústria	5
Irrigação	3
Mineração - Extração de Areia/Cascalho em Leito de Rio	4
Mineração - Outros Processos Extrativos	4
Outras	4
Reservatório	4

Fonte: O autor (2023)

Por fim, o último passo foi quantificar o número de servidores que trabalham para cada um dos 5 Grupos. Esse cálculo foi realizado baseando-se no total de servidores da área de outorga, que são 15, e no percentual da quantidade útil dos processos de outorga, por Grupo. Assim, o resultado está expresso na Tabela 9:

Tabela 9 - Grupo por Quantidade de Servidores

<b>Grupo</b>	<b>Quantidade de Servidores</b>
1	1
2	1
3	10
4	2
5	1

Fonte: O autor (2023)

## 4.2 Construção do Modelo para a realidade

O modelo foi construído levando-se em consideração todas os dados apresentados anteriormente. Abaixo, será demonstrado quais as etapas foram necessárias para a criação do modelo em si.

### 4.2.1 Inputs do Modelo

Nesta parte, foi utilizado o *software* Arena, tanto para a interpretação dos dados e estudo das distribuições, quanto para a criação do modelo em si. O primeiro passo foi realizar o estudo do comportamento da diferença de tempo entre as solicitações, lógica da Tabela 7, assim, estudando como os dados entrariam no modelo criado. Para isso, foi utilizada uma ferramenta do próprio Arena, denominada, *Input Analyzer*, que tem como principal objetivo encontrar a melhor distribuição para um conjunto de dados apresentados.

Os dados da coluna Diferença Solicitação foram inseridos no *Input Analyzer*, obtendo-se o Gráfico 2 abaixo:

Gráfico 2 - Distribuição solicitações de entrada



Fonte: O autor (2023)

Além do gráfico apresentado, o *Input Analyzer* também apresenta qual distribuição se encaixa melhor para o gráfico apresentado. No caso das Diferenças de Solicitações, a expressão fornecida é:  $-0.001 + \text{EXPO}(1.49)$ .

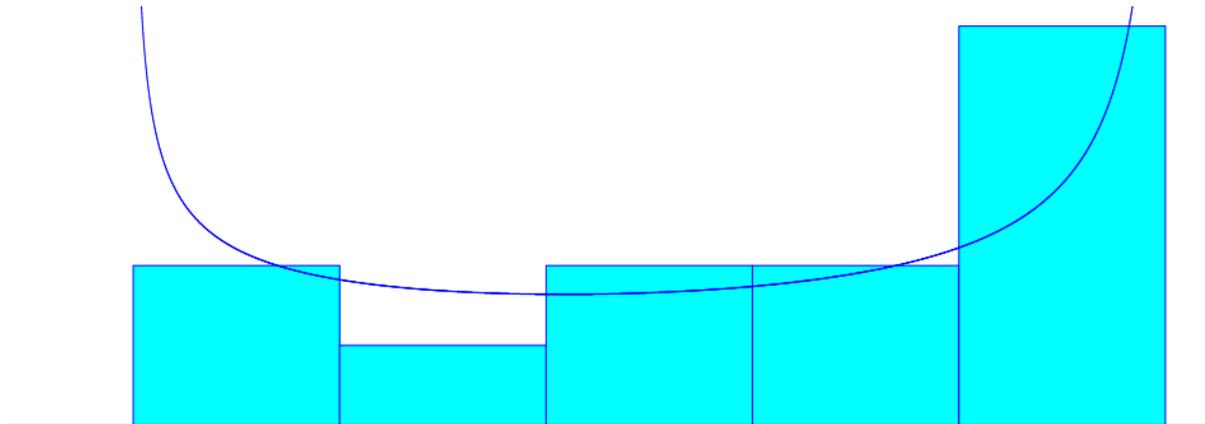
Dessa maneira, na construção do modelo no Arena, essa expressão será utilizada para estimar e quantificar o número de solicitações que entrarão no modelo no período analisado.

#### 4.2.2 Tempo de Processamento do Modelo

Com a distribuição de entrada no modelo, foi necessária a criação do tempo de atendimento para cada um dos 5 Grupos apresentados anteriormente. Esse tempo de atendimento é o tempo entre a Data de Solicitação e a Data de Publicação dos pedidos úteis.

Foram utilizadas as mesmas regras no *Input Analyzer*, bem como a distribuição eixo X e eixo Y, para os 5 Grupos, e os resultados são os apresentados a seguir:

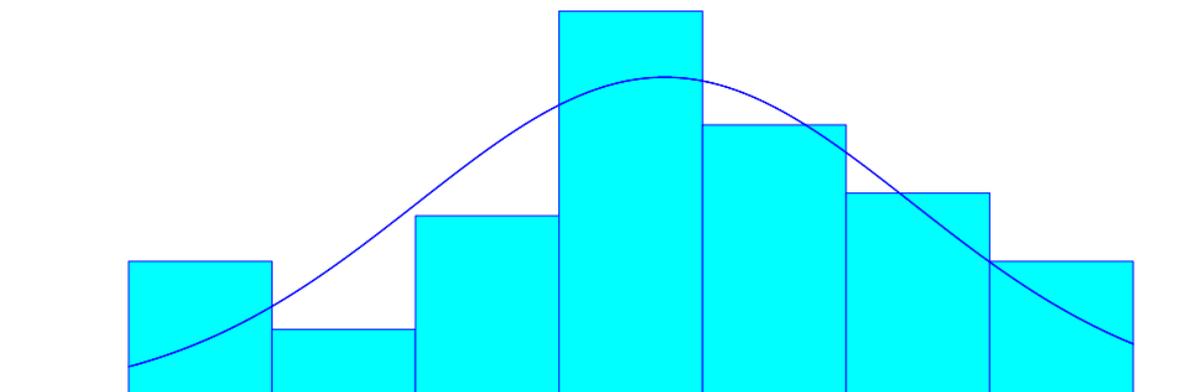
Gráfico 3 - Distribuição Grupo 01



Fonte: O autor (2023)

Após finalizar o modelo no *Input Analyzer*, o Grupo 01, que representa as finalidades de Aquicultura em Tanque Escavado e Criação Animal, apresenta uma distribuição:  $34 + 124 * \text{BETA}(0.639, 0.495)$ .

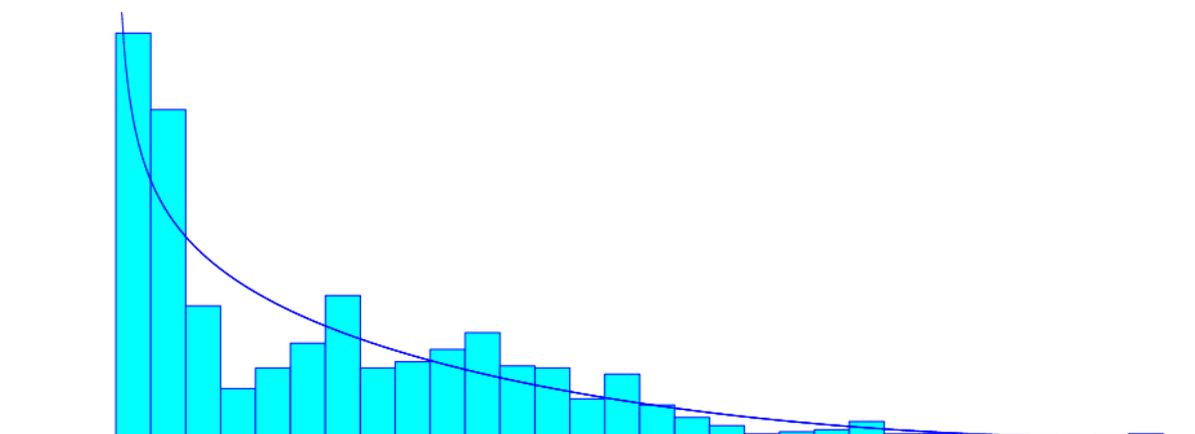
Gráfico 4 - Distribuição Grupo 02



Fonte: O autor (2023)

Após o final dos testes, o Grupo 02, que representa as finalidades de Abastecimento Público, Consumo Humano e Esgotamento Sanitário, apresenta uma distribuição:  $NORM(153, 63.1)$ , segundo o *Input Analyzer*

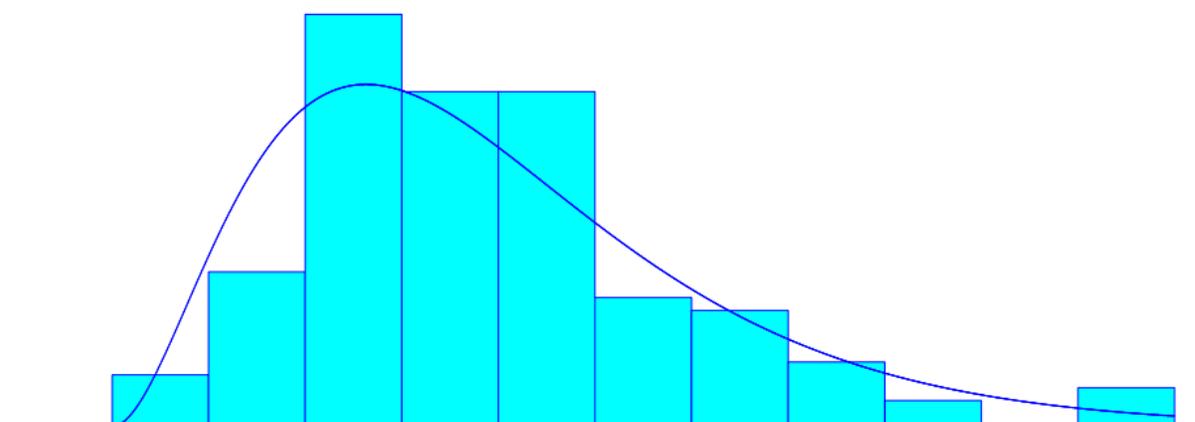
Gráfico 5 - Distribuição Grupo 03



Fonte: O autor (2023)

Após o final do modelo no *Input Analyzer*, o Grupo 03, que representa a finalidade de Irrigação, apresenta uma distribuição:  $6 + 337 * BETA(0.745, 2.98)$ .

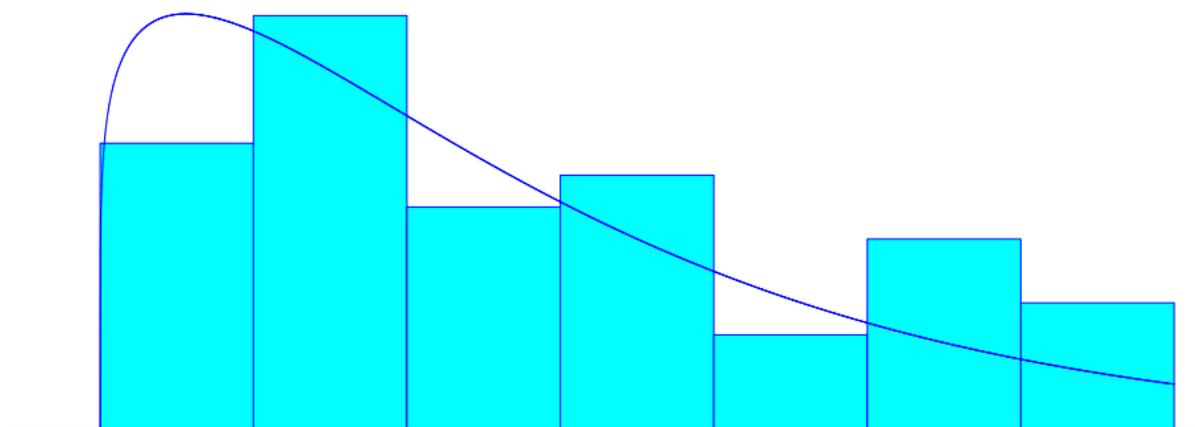
Gráfico 6 - Distribuição Grupo 04



Fonte: O autor (2023)

Após finalizar o modelo no *Input Analyzer*, o Grupo 04, que representa as finalidades de Mineração - Extração de Areia/Cascalho em Leito de Rio, Mineração - Outros Processos Extrativos, Outras e Reservatório apresenta uma distribuição:  $-0.001 + \text{ERLA}(21.4, 3)$ .

Gráfico 7 - Distribuição Grupo 05



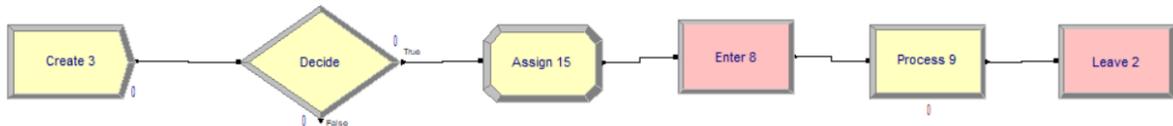
Fonte: O autor (2023)

Por fim, o modelo do Grupo 05, que representa as finalidades de Aproveitamento Hidroelétrico e Indústria, ao ser utilizado no *Input Analyzer* apresenta uma distribuição:  $14 + WEIB(176, 1.17)$ .

#### 4.2.3 Criação do Modelo no Arena

A próxima fase, já os dados de entrada e de processamento das outorgas obtidas, foram implementados no modelo no Arena. A Figura 4 representa a estrutura do modelo implementado no Arena:

Figura 4 - Criação lógica do modelo



Fonte: O autor (2023)

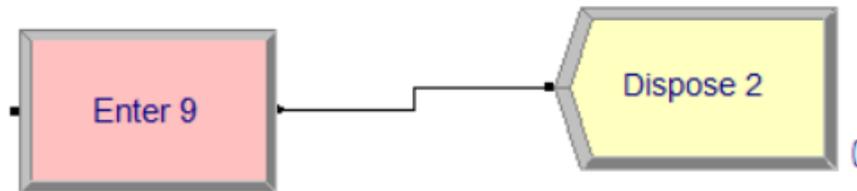
Os seguintes blocos foram utilizados:

- *Create*: O objetivo deste bloco é a atribuição da frequência da entrada de processos de outorgas para o modelo construído;
- *Decide*: Seu único objetivo é separar para qual *assign* esses processos que chegaram, seguirão. Para essa divisão, em termos percentuais, foram utilizados os percentuais da quantidade útil da Tabela 6;
- *Assign*: É utilizado para dividir as 12 diferentes finalidades;
- *Enter*: Utilizado para unir as diferentes finalidades em seus Grupos;
- *Process*: Usado para representar o tempo de atendimento dos Grupos, já calculados;
- *Leave*: Utilizado para a saída desses processos do sistema.

Além desses 6 blocos utilizados, foram adicionados mais 2 blocos, com o intuito de gravar o número de processos que deixam o sistema, não sendo necessário para

rodar o modelo, mas essencial para que os números possam ser analisados posteriormente:

Figura 5 - Blocos adicionados ao modelo

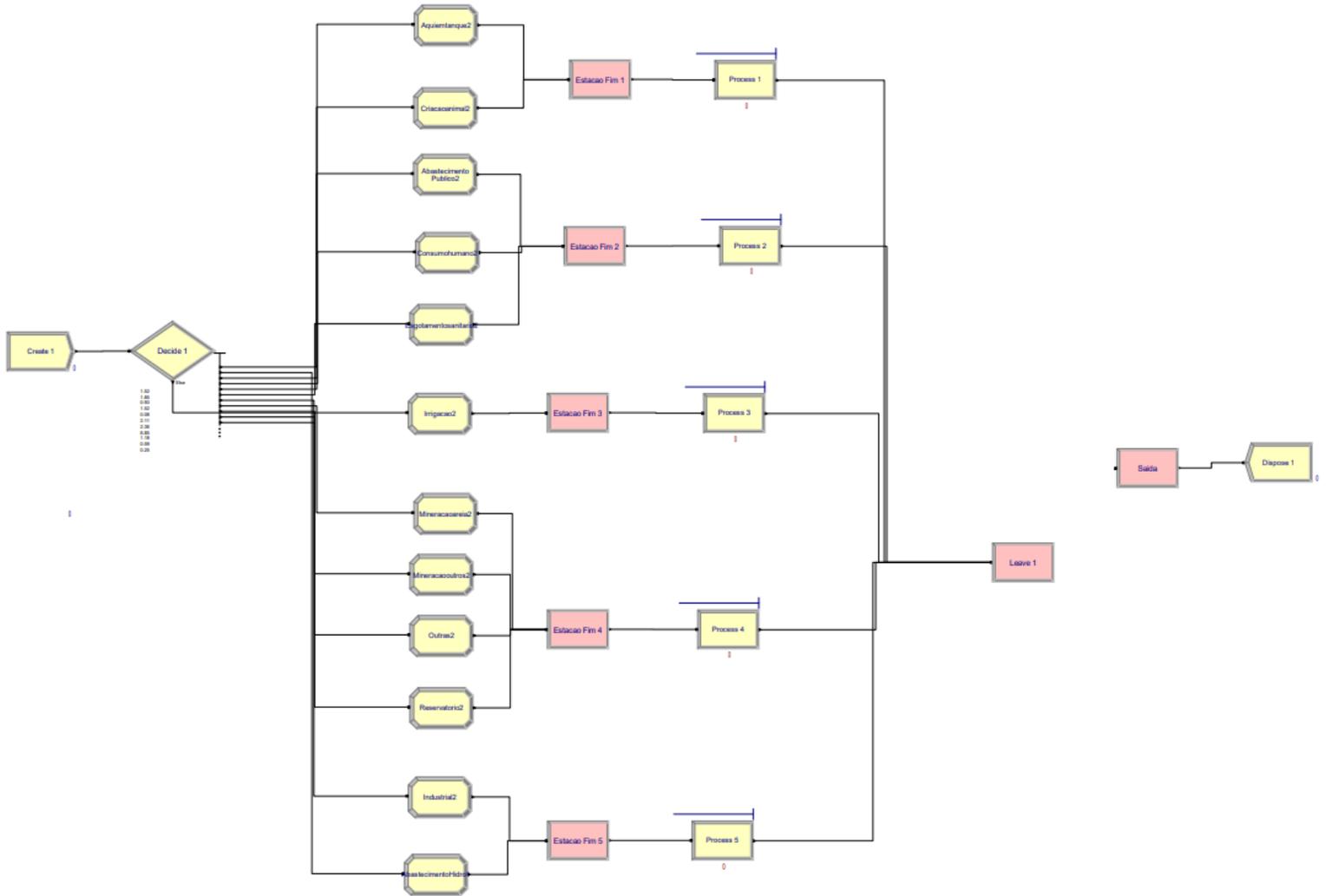


Fonte: O autor (2023)

- *Enter*: Foi relacionado com os processos que saem pelo *leave* para irem para o final do modelo;
- *Dispose*: Utilizado para salvar as estatísticas do modelo e encerrar o modelo.

Em seguida, foi construído um modelo que levasse em consideração todas as especificidades do processo de outorga, bem como suas finalidades e o tempo de atendimento específico de cada Grupo. As Figuras 6-13, descrevem o modelo desenvolvido:

Figura 6 - Modelo processo de outorga

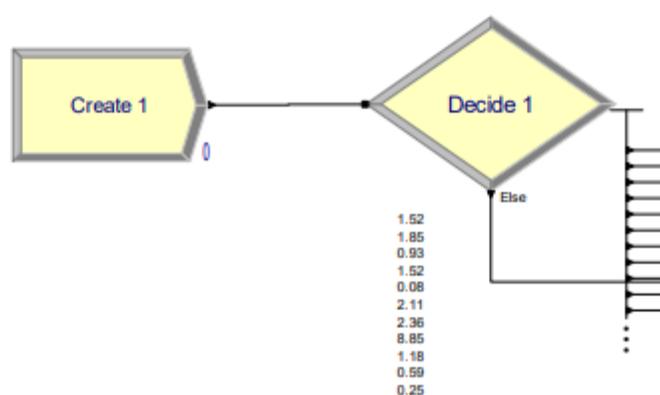


Fonte: O autor (2023)

Abaixo, o modelo da Figura 6, foi segmentado para melhor visualização das partes envolvidas na criação do modelo, baseado nas Figuras 4 e 5.

A Figura 7 representa a parte inicial do modelo, ou seja, a chegada dos pedidos dos processos de outorga. Depois, tem-se o percentual de participação da Tabela 6, decidindo para qual Grupo esse pedido irá.

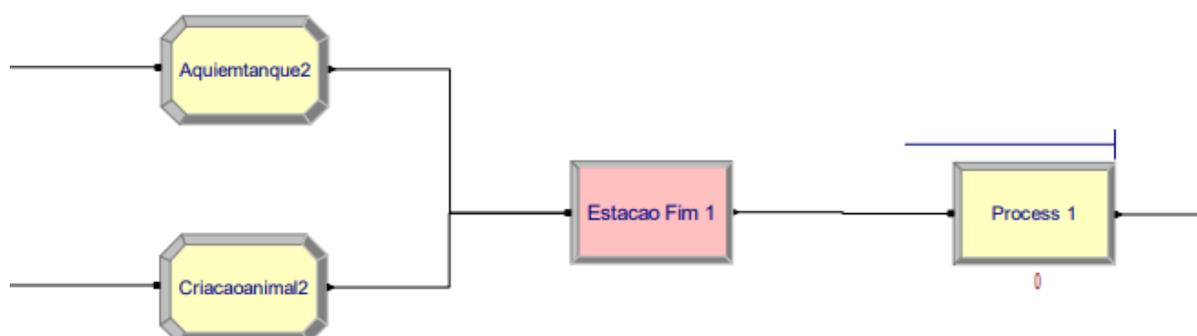
Figura 7 - Parte da chegada de processos no modelo de outorga



Fonte: O autor (2023)

A Figura 8 representa a criação do Grupo 01 no modelo, tendo seguido da separação da Figura 7. Eles são unidos no Grupo 01 com o intuito de terem um tempo de processamento único para o Grupo.

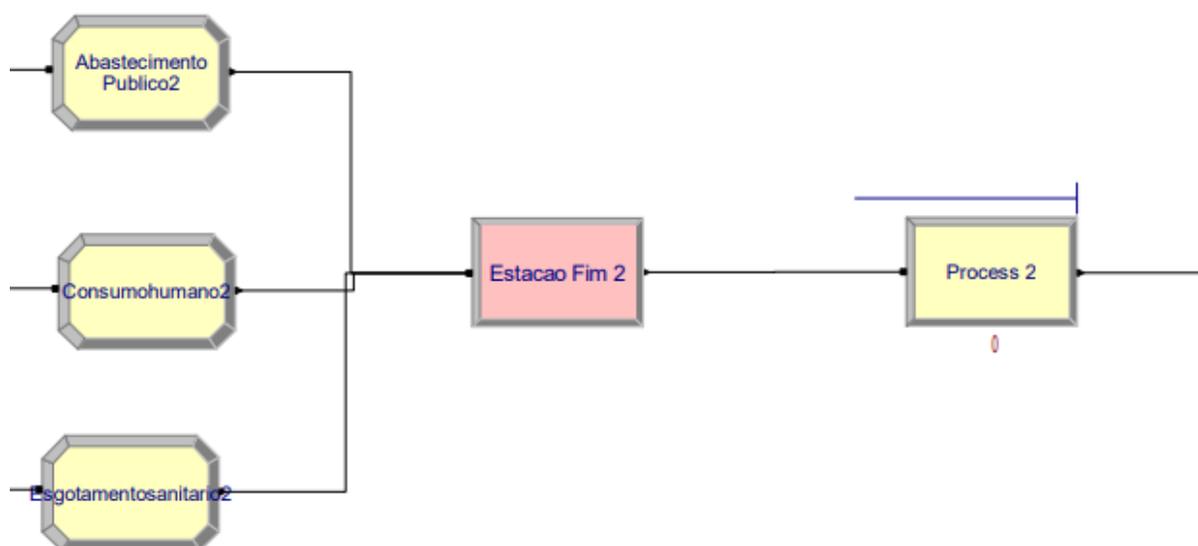
Figura 8 - Grupo 01 do modelo de outorga



Fonte: O autor (2023)

A Figura 9 representa a criação do Grupo 02 no modelo, tendo seguido da separação da Figura 7. Eles são unidos no Grupo 02 com o intuito de terem um tempo de processamento único para o Grupo, diferenciando-se dos demais Grupos.

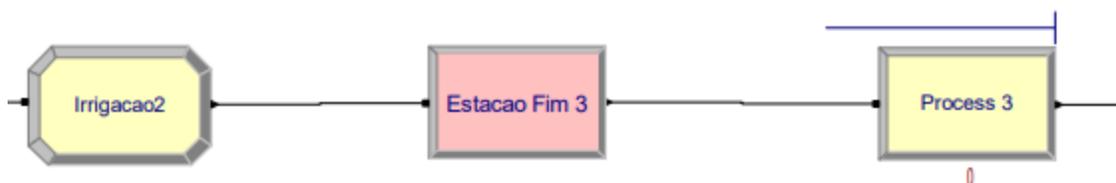
Figura 9 - Grupo 02 do modelo de outorga



Fonte: O autor (2023)

A Figura 10 representa a criação do Grupo 03 no modelo, tendo seguido da separação da Figura 7. Por ter apenas uma única finalidade fazendo parte deste Grupo, o tempo do Grupo será igual ao tempo da finalidade.

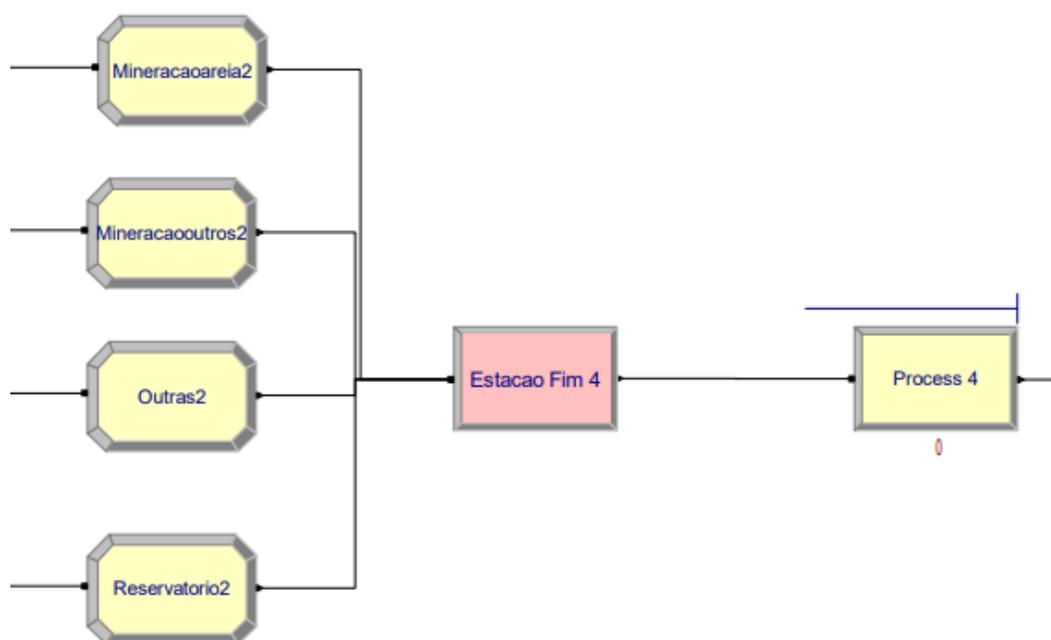
Figura 10 - Grupo 03 do modelo de outorga



Fonte: O autor (2023)

A Figura 11 representa a criação do Grupo 04 no modelo, tendo seguido da separação da Figura 7. Eles são unidos no Grupo 04 com o intuito de terem um tempo de processamento único para o Grupo.

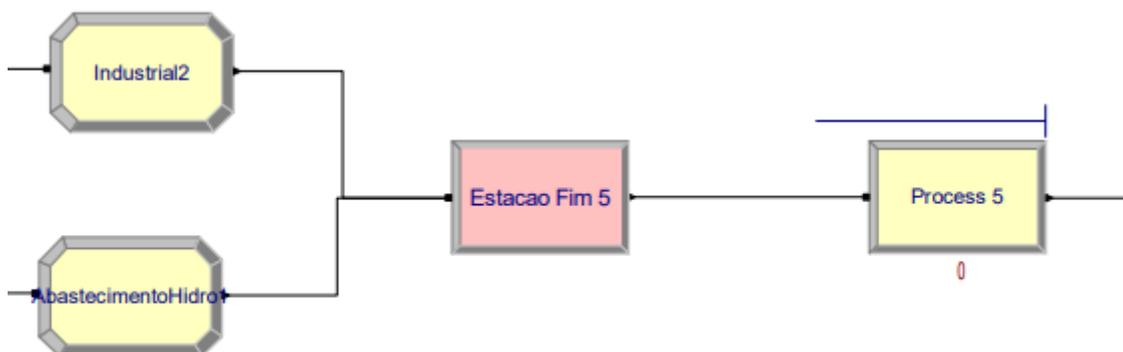
Figura 11 - Grupo 04 do modelo de outorga



Fonte: O autor (2023)

A Figura 12 representa a criação do último Grupo do modelo, o Grupo 05. Ao seguir a separação da Figura 7, eles são unidos no Grupo 02 com o intuito de terem um tempo de processamento único para o Grupo, diferenciando-se dos demais Grupos.

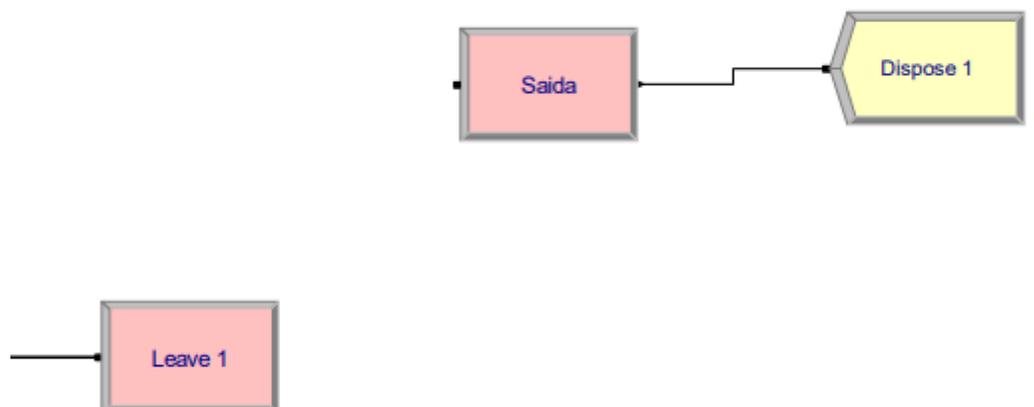
Figura 12 - Grupo 05 do modelo de outorga



Fonte: O autor (2023)

A Figura 13 representa o processo de saída do modelo, bem como o armazenamento das estatísticas que ele terá ao final.

Figura 13 - Parte saída de processos no modelo de outorga



Fonte: O autor (2023)

### **4.3 Interpretação dos resultados obtidos**

Com o modelo representado, é necessário o entendimento dos dados e das estatísticas coletadas, para ver se o modelo apresenta uma boa acurácia e está dentro dos padrões desejados.

#### **4.3.1 Tempo da fila**

Após realizada a construção do modelo, ele foi submetido a vários testes para validação das respostas e para melhor entendimento de quais variáveis afetam mais ou menos o resultado final. Aqui, vale ressaltar, que o mais desejado é entender o comportamento da criação de filas nos 5 Grupos determinados, bem como o tempo médio de espera de cada uma dessas 5 filas. Outro ponto determinante do sucesso do modelo é entender o desempenho dos 5 Grupos no quesito uso de seus recursos, o que, concomitantemente, irá revelar se algum Grupo está mais ocioso que outro.

Para que o modelo seja estatisticamente aceito, as simulações tiveram o tempo de duração de 365 dias, para verificar se o resultado está condizente com valores similares aos das séries anuais, entregues pela ANA.

Dessa forma, os dados das séries anuais serão comparados com o modelo dos pedidos de outorga que chegaram e foram atendidos no próximo ano, porque o modelo vai ser executado por 365 dias.

Para um estudo completo e descritivo dos resultados do 3 modelos que serão apresentados a seguir, foi criado o Apêndice 1 - Modelo processo de outorga; o Apêndice 2 - Modelo junção dos Grupos e o Apêndice 3 - Modelo Zero Fila. Todos eles se encontram ao final do estudo.

Com esses pressupostos já elencados, o primeiro resultado importante para o modelo foi que o número de processos de outorga que saíram ao final da simulação foram 64 pedidos. Esse resultado foi bem assertivo e próximo da média dos pedidos de outorga das séries anuais, que deu uma média de 56 pedidos.

Com relação ao tempo de fila, foram obtidos os seguintes dados por meio da simulação:

Tabela 10 - Tempo na Fila Simulação por Grupo

<b>Grupo</b>	<b>Tempo na Fila Simulação</b>
01	54
02	41
03	87
04	71
05	30

Fonte: O autor (2023)

Em seguida, foi traçado uma comparação entre o tempo médio da fila da simulação e das séries anuais para verificar se os resultados fazem sentido para o modelo proposto:

Tabela 11 - Comparativo das Filas por Grupo

<b>Grupo</b>	<b>Tempo na Fila Simulação</b>	<b>Tempo na Fila Série Anual</b>
01	54	110
02	41	151
03	87	73
04	71	64
05	30	183

Fonte: O autor (2023)

Alguns dados da Fila de Simulação deram menores que os valores da série anual porque não foram obtidos todos os dados de quantos servidores atuaram, historicamente, no processo de outorga por ano. Ou seja, a estimativa de 15 servidores é realizada baseada em fatos reais de 2023, enquanto na série anual, esse número, em 2018, por exemplo, poderia ser bem menor, causando uma média de filas maiores e menos processos de outorga saindo ao final da simulação.

### 4.3.2 Número de processos na fila

Com o estudo do tempo médio na fila realizado, é necessário verificar, agora, qual o tamanho médio da fila, dividido nos 5 Grupos, para validar se o tempo médio na fila faz jus ao número de processos que estão naquela fila. Para essa análise, foi construída a Tabela 12 abaixo:

Tabela 12 - Número de Processos na Fila por Grupo

<b>Grupo</b>	<b>Número de Processos na Fila</b>
01	1
02	4
03	64
04	5
05	2

Fonte: O autor (2023)

Por meio dela, fica visível que o Grupo 03 representa 84% de todos os processos que estão em alguma fila, sendo muito superior aos demais Grupos. Outro ponto que corroboram esses dados, é que o Grupo com maior tempo médio de espera na fila é o Grupo com maior número de processos na fila, representado pelo Grupo 03.

Neste ponto, a ANA não disponibilizou os dados do número de processos de outorga que estão na fila, esperando para atendimento ou publicação, então esta análise não poderá ser realizada igual a anterior, com um comparativo do modelo e dos dados da série anual.

### 4.3.3 Utilização dos servidores

Com os estudos anteriores, se torna necessário a investigação da média de uso dos servidores pelos Grupos. Para isso, foi construída a Tabela 13 a seguir, onde são dispostos os Grupos com o número de servidores alocados e a média de utilização desses servidores no modelo estudado.

Tabela 13 - Quantidade de Servidores pelo Uso

Grupo	Quantidade de Servidores	Uso dos Servidores
01	1	0,48
02	1	0,84
03	10	9,7
04	2	1,9
05	1	0,96

Fonte: O autor (2023)

Diante dos dados elencados, fica possível ver que o Grupo 03, Grupo 04 e Grupo 05 estão com a capacidade de utilização quase em seu limite, enquanto o Grupo 01 está sendo requisitado menos da metade dos servidores que apresenta, assim, ficando ocioso. Já o Grupo 02, apresenta uma quantidade considerável de utilização de seus servidores, porém, sendo menor que os demais grupos.

Esses dados representados em forma gráfica apresentam a seguinte distribuição:

Gráfico 8 - Uso dos servidores



Fonte: O autor (2023)

#### 4.3.4 Resumo do modelo

Com as análises anteriores, foram criadas as seguintes conclusões do modelo inicial que foi executado com os dados que foram entregues pela ANA. Depois, será

realizada uma segunda análise do modelo com intenção de melhorar alguns gaps encontrados e que são discriminados a seguir:

- O tempo da fila estar alto é baseado no percentual de chegada de novos processos de outorga para cada Grupo em detrimento ao número de servidores disponíveis para executá-los. Assim, todos os Grupos apresentam um número insuficiente de servidores para atender a demanda de pedidos de outorga, porque estão gerando filas condizentes com os dados das séries anuais, dados da ANA;
- O número de processos que estão na fila é um reflexo direto do número de pedidos de outorga que chegam para o Grupo. Assim, mostrando que, novamente, os servidores estarem distribuídos de forma a minimizar o número de processos na fila não vai garantir que isso seja feito, porque o número de servidores não é suficiente para atender a demanda completa.
- Por fim, no estudo da utilização dos servidores, é possível ver que todos, excluindo o Grupo 01, estão em consonância com os outros dados já apresentados, ou seja, estão trabalhando com capacidade quase total. Dessa forma, não sendo possível apresentar grandes melhorias na sua produção para atender o número expressivo da demanda de pedidos de outorga, sendo necessário a inserção de novos servidores para ajudar nessas demandas.

#### **4.4 Construção do Modelo com as melhorias sistema**

Após a identificação de possíveis gargalos no modelo real, foi necessário a criação de outros dois modelos para acabar com os problemas levantados, apresentando, portanto, podendo apresentar uma maior acurácia para a resolução do problema.

#### 4.4.1 Modelo Junção de Grupos

Após a realização do estudo acerca do modelo construído inicialmente para o problema, agora o objetivo é construir uma outra versão do mesmo, levando em consideração a interpretação dos resultados obtidos.

Para isso, foi realizado um estudo acerca dos meses que os pedidos de outorga aconteciam, para que se encontrasse algum padrão que pudesse mostrar em qual mês os servidores têm uma maior ou menor demanda. Além disso, foi realizado um estudo similar para a finalidade “Irrigação” porque ela representa quase 79% de todos os pedidos de outorga que são requeridos na ANA, assim, qualquer padrão encontrado para essa finalidade seria significativo para o estudo. Esses dados compilados foram inseridos nas Tabelas abaixo:

Tabela 14 - Pedidos de Outorga por mês

<b>Meses</b>	<b>Quantidade</b>	<b>% da Quantidade</b>
Janeiro	67	5,64%
Fevereiro	92	7,75%
Março	99	8,34%
Abril	72	6,07%
Maio	112	9,44%
Junho	131	11,04%
Julho	131	11,04%
Agosto	107	9,01%
Setembro	96	8,09%
Outubro	110	9,27%
Novembro	99	8,34%
Dezembro	71	5,98%

Fonte: O autor (2023)

Tabela 15 - Pedidos de Outorga por mês - Irrigação

<b>Meses</b>	<b>Quantidade</b>	<b>% da Quantidade</b>
Janeiro	48	5,13%
Fevereiro	65	6,95%
Março	71	7,59%
Abril	53	5,67%
Mai	94	10,05%
Junho	108	11,55%
Julho	115	12,30%
Agosto	79	8,45%
Setembro	72	7,70%
Outubro	94	10,05%
Novembro	75	8,02%
Dezembro	61	6,52%

Fonte: O autor (2023)

Elencados esses dados, foi possível visualizar que, de forma geral, os meses de junho e julho apresentam uma maior chegada de pedidos. Todavia, esse aumento não é algo que tenha muita influência para a contratação de mais servidores de forma sazonal, porque o percentual da quantidade final, nesses meses, é apenas 2% maior que na média geral.

Com isso, a ideia da contratação de novos servidores em meses específicos, foi refutada, porque é indiferente quando contratá-los, a segunda possibilidade de mudança é a junção do Grupo 01 com o Grupo 03, pois este é o que apresenta maior demanda e, conseqüentemente, necessita de mais servidores e aquele porque apresentou um baixo uso de seus servidores, assim, podendo destinar parte de seu uso para a alocação no Grupo 03.

Para validação dessa hipótese, o modelo foi modificado para o Grupo 01 ter uma ligação direta com o Grupo 03. Abaixo, tem-se os dados da comparação antes e depois da junção:

Tabela 16 - Junção Grupo 03 com Grupo 01

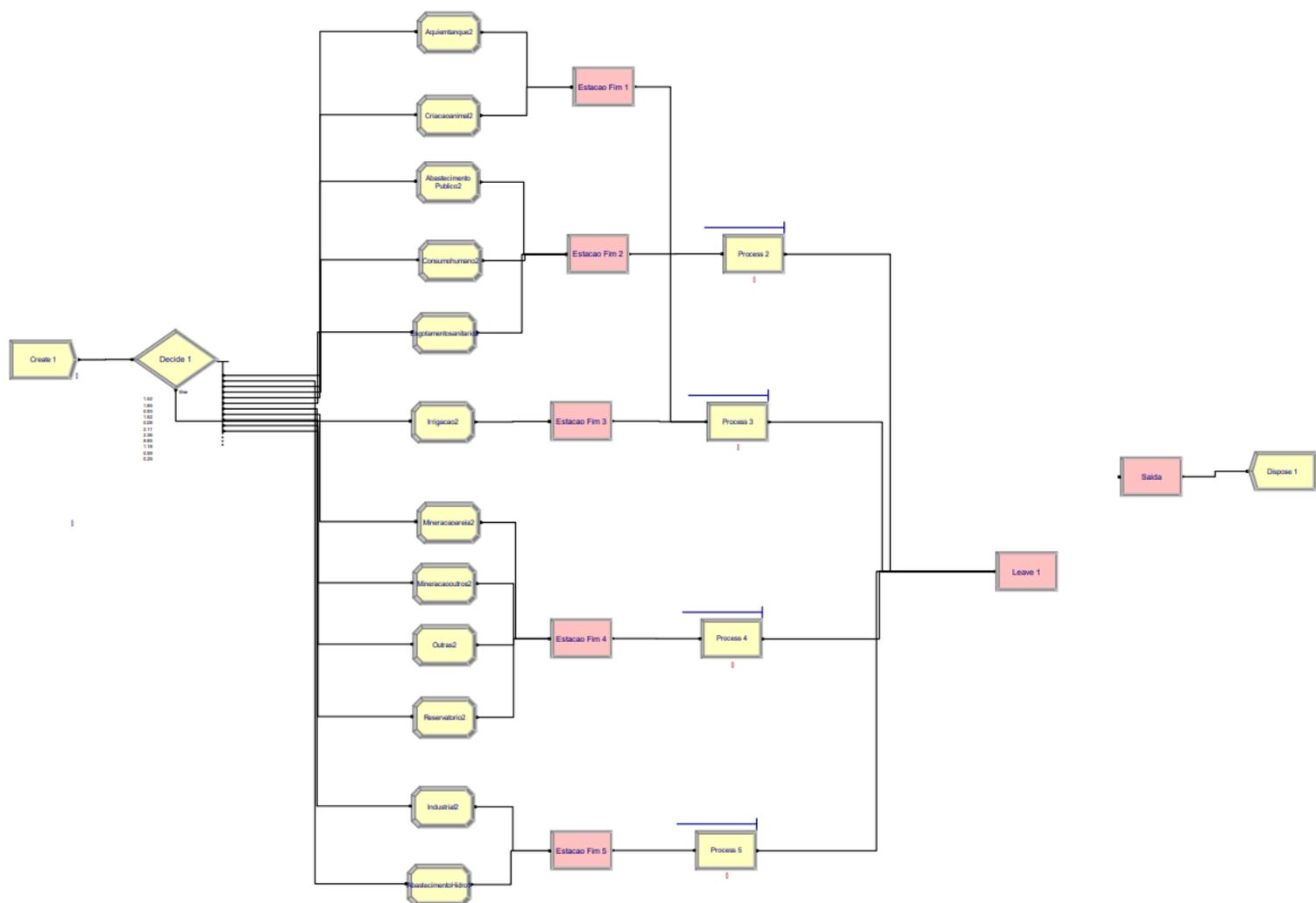
<b>Variáveis</b>	<b>Grupo 03</b>	<b>Grupo 03 + Grupo 01</b>
Tempo na Fila Simulação	87	91
Número de Processos na Fila	64	51
Quantidade de Servidores	10	11

Fonte: O autor (2023)

Mesmo o tempo na fila apresentando uma pequena piora, 4 dias a mais, o número de processos na fila caiu significativamente, com uma diferença de 13 processos. Dessa forma, sendo mais benéfico para o modelo a queda do número de processos na fila, principalmente, porque houve um acréscimo de somente 4 dias na média de tempo na fila. Por último, toda essa mudança foi possível sem a contratação de novos servidores, apenas remanejando as áreas que estavam com pouco aproveitamento de seus recursos.

Assim, o modelo é viável e poderá ser implementado para que se tenha uma maior autonomia dos pedidos e para que as filas sejam menores, sem demandar mais pessoas envolvidas na área. O modelo final na íntegra está representado na Figura 14 a seguir:

Figura 14 - Modelo Junção de Grupos



Fonte: O autor (2023)

#### 4.4.2 Modelo Zero Fila

O intuito deste segundo modelo é criar uma projeção da situação ideal na qual não há presença de filas no sistema total. Para isso, será necessário a incorporação de novos servidores, na menor quantidade possível, no modelo para que o tempo na fila e o número de processos na fila sejam iguais à zero.

Este modelo, logicamente, será o que apresentará o maior custo para implementação, tendo em vista que é necessário, somente, a contratação de novos servidores e a devida alocação nos Grupos. A distribuição mínima das alocações está apresentada abaixo:

Tabela 17 - Comparação dos Servidores

<b>Grupo</b>	<b>Junção dos Grupos</b>	<b>Zero Fila</b>
01	0	2
02	1	10
03	11	50
4	2	8
05	1	12
<b>Somatório</b>	<b>15</b>	<b>80</b>

Fonte: O autor (2023)

Para um sistema no qual não se tenha a presença das filas, seria necessário a contratação de novos 65 servidores, para realizar o serviço e manter uma boa utilização dos recursos e nenhuma fila ao final.

Outro ponto importante a ser analisado é que, sem filas, o modelo Zero Fila é bem mais eficiente e consegue, ao final, processar cerca de 2,75 vezes mais processos de outorga do que o modelo Junção dos Grupos, igual apresentado abaixo:

Tabela 18 - Processos dos Modelos

<b>Modelo</b>	<b>Processos Outorgados</b>
Junção dos Grupos	64
Zero Fila	176

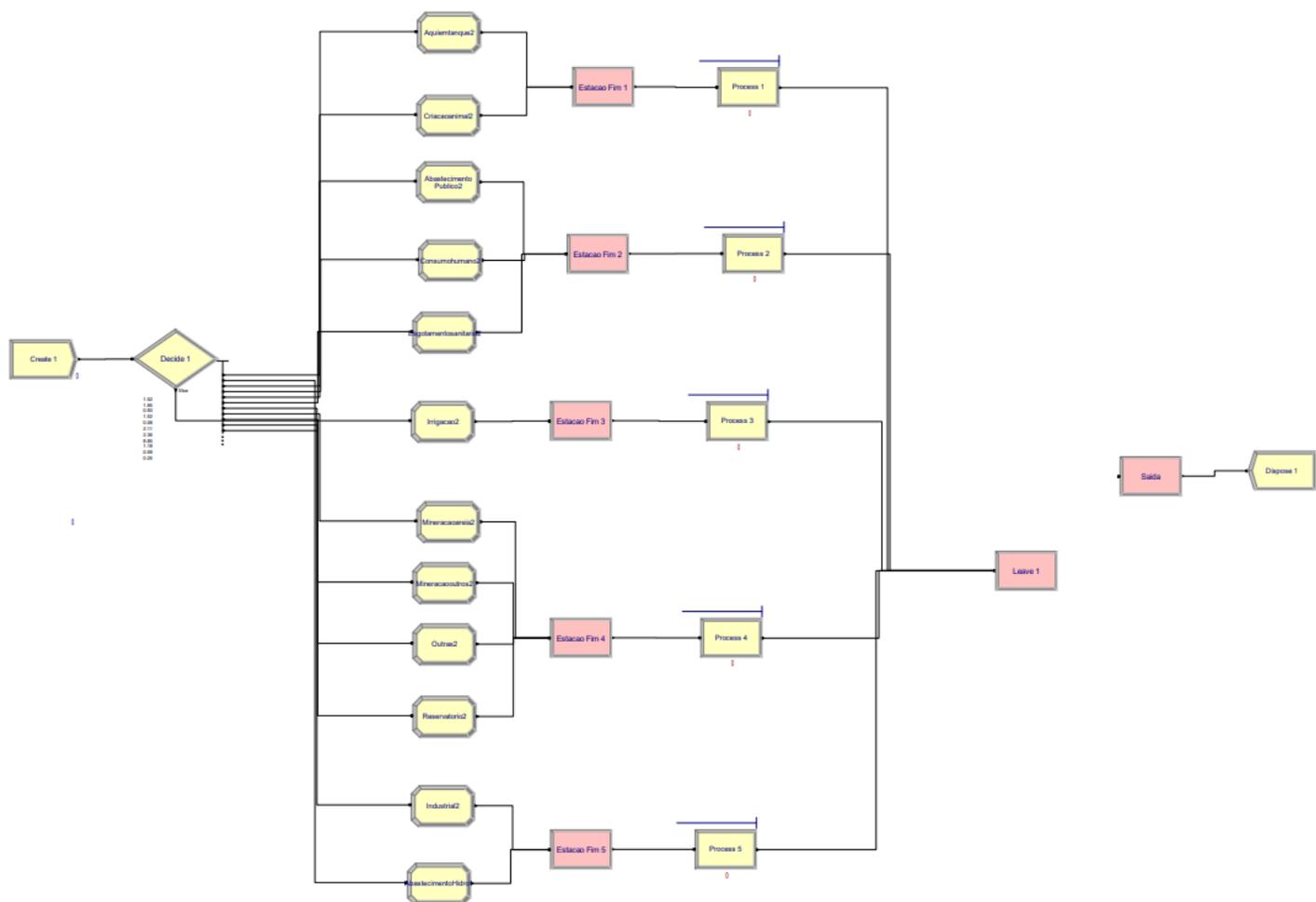
Fonte: O autor (2023)

Dessa maneira, o modelo é viável e possível de ser implementado se o foco e a necessidade da ANA forem entregar o maior número de processos outorgados no

menor tempo possível. Todavia, o lado complexo neste modelo é a necessidade de um alto investimento nesses servidores para que ele consiga funcionar.

Por fim, tem-se, abaixo, o modelo Zero Fila, que é idêntico ao modelo inicial, realizando-se somente a adequação do número de servidores:

Figura 15 - Modelo Zero Fila



Fonte: O autor (2023)

Com o intuito de fazer o modelo Zero Fila mais economicamente viável, foi construída a tabela abaixo, para estudo da real necessidade desses novos 65 servidores:

Tabela 19 - Servidores modelo Zero Fila

<b>Número de Servidores Totais</b>	<b>Tempo na Fila (dias)</b>
15	56,7
25	44,18
35	25,25
45	9,75
55	1,85
65	0,89
80	0

Fonte: O autor (2023)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo contemplou todos os pontos iniciais propostos, desde a segmentação dos dados para posterior análise, até a construção do modelo que representasse o problema e, por fim, a construção de dois modelos com melhorias para o sistema, um focado em realizar mudanças sutis e mais econômicas e o outro com foco na produtividade, mesmo acarretando o aumento do custo.

Como proposta final, a modificação para ambos os modelos poderá ser benéfica para a ANA, dependendo do objetivo que ela queira: pequena diminuição das filas sem aumentar o número de servidores ou um fim mais expressivo das filas, mas sendo necessário contratar mais servidores.

Idealmente, o Modelo de Junção de Grupos deverá ser adotado para todas as situações, pois não acarreta mais gastos e faz com que as filas sejam menores. Sendo uma mudança sutil mas que elevaria o número de processos de outorga atendidos por ano em uma quantidade substancial.

Já o modelo Zero Fila, poderá ser utilizado, principalmente, em algum mês ou momento do ano em que o objetivo seja a velocidade de processamento dessas outorgas. Ele também atenderia em plena forma as necessidades da ANA, o que fica em questão aqui, é o *trade-off* do preço e da velocidade, mas que seria o ideal para a população, pois quanto mais rápido o pedido de outorga for processado, melhor.

Por fim, para estudos futuros com o intuito de tornar este mais completo e mais assertivo com os dados apresentados, se tornaria necessário a identificação dos servidores, não de forma pessoal, mas sim para a medição das capacidades de atendimento de cada um, e, em consequência, dos Grupos.

Dessa maneira, ao final do modelo seria possível fazer o aumento produtivo de cada servidor e não meramente o aumento de servidores no geral, ou seja, aumentar o número de processos/horas que cada um deles atende e não, simplesmente, mais servidores. Todavia, para este estudo esses dados necessários para mensurar a produtividade dos servidores não foram cedidos por motivos desconhecidos, foram cedidos, apenas, os números de servidores que trabalham na área, igual apresentado no decorrer do estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE, Agência De Notícias. De 2010 a 2022, população brasileira cresce 6,5% e chega a 203,1 milhões. **De 2010 a 2022, população brasileira cresce 6,5% e chega a 203,1 milhões**, 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37237-de-2010-a-2022-populacao-brasileira-cresce-6-5-e-chega-a-203-1-milhoes>. Acesso em: 05 set. 2023.

UNITED NATIONS, Un Water. Indicator 6.4.2 “Level of water stress: freshwater withdrawal as a proportion of available freshwater resources”. **Indicator 6.4.2 “Level of water stress: freshwater withdrawal as a proportion of available freshwater resources”**, 2021. Disponível em: <https://www.unwater.org/our-work/integrated-monitoring-initiative-sdg-6/indicator-642-level-water-stress-freshwater>. Acesso em: 10 set. 2023.

UNITED NATIONS, Food And Agriculture Organization. **Progress on level of water stress: GLOBAL STATUS AND ACCELERATION NEEDS FOR SDG INDICATOR 6.4.2**. Rome: United Nations, 2021. ISBN 978-92-5-134826.

ANA, Agência Nacional De Águas E Saneamento Básico (ana). Usos da água. **Usos da água**, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/ usos-da-agua>. Acesso em: 13 set. 2023.

DONALD, Gross; HARRIS, Carl M. **Fundamentals of Queueing Theory**. 4. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008. ISBN 978-0-471-79127-. 5- Art. 5º da Lei nº 9.433/1997

BRASIL, Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) e responsável pela instituição de

normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2000.

MURTHY, P. Rama. **Operations Research**. New Jersey: New Age International, 2007. ISBN 978-81-224-2944-2. 8- HILLIER, F. S. . & L. G. J. Introdução à Pesquisa Operacional. 9ª. ed. São Paulo: AMGH.

VILLELA, Cristiane Da Silva Santos. **Mapeamento de processos como ferramenta de reestruturação e aprendizado organizacional**. Florianópolis: UFSC, 2000.

DAVENPORT, T. **Reengenharia de Processos: como inovar na empresa através da tecnologia da informação**. Rio de Janeiro: Campus: UFSC, 1994.

JUNQUEIRA, Fabrício. **Modelagem e Simulação Distribuída de Sistemas Produtivos**. São Paulo, 2006.

ROSS, Sheldon M. **Simulation**. 4. ed. United States of America: Elsevier, 2006. ISBN 978012598630.

GARRIDO, J. M. **Object Oriented Simulation A Modeling and Programming Perspective**. 1. ed. Kennesaw: Springer, 2009. v. 1. ISBN 978-1-4419-0515-4.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; STURROCK, D.T. **Simulation with Arena**. 4. ed. Nova Iorque: McGraw Hill, 2006. ISBN 978-1-4419-0515-4.

COOPER, Robert B. **Introduction to Queueing Theory**. 2. ed. Florida: North Holland, 1981. ISBN 0444003797.

HILLIER, F.s.; LIEBERMAN, G.j. **Introduction to Operations Reserach**. 7. ed. New York: The McGraw-Hill Companies, 2001. ISBN 0072321695.

BROOKSHIRE, D. S.; WHITTINGTON, D. **Water resources issues in the developing countries**. 29. ed. 1993. 1883-1888 p. ISBN 0072321695.

REYMÃO, A.n.; SABER, A.b. **Acesso à água tratada e insuficiência de renda**: Duas dimensões do problema da pobreza no Nordeste brasileiro sob a óptica dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. Espanha: Revista Iberoamericana de Economía Ecológica, 2008. 1-15 p. v. 12.

IBGE; ANA. **Bacias e Divisões Hidrográficas do Brasil**. Brasil: IBGE, 2021.

ANA, Ana. **CODIFICAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS PELO MÉTODO DE OTTO PFAFSTETTER**: Aplicação na ANA. Brasil: ANA, 2006.

ALTIOK, T.; MELAMED, B. **Simulation Modeling and Analysis with Arena**. 1. ed. San Diego: Academic Press, 2007. v. 1. ISBN 0123705231.

## APÊNDICE

### APÊNDICE 1 - Modelo processo de outorga

11:50:16

#### Category Overview

outubro 26, 2023

#### Unnamed Project

Replications: 1      Time Units: Days

#### Key Performance Indicators

System	Average
Number Out	64

11:50:16

## Category Overview

outubro 26, 2023

### Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Days

### Entity

#### Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	57.5956	(Insufficient)	6.2622	224.22
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	62.6543	(Insufficient)	0.00	196.09
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	120.25	(Insufficient)	7.9550	283.37

#### Other

Number In	Value			
Entity 1	261.00			
Number Out	Value			
Entity 1	64.0000			
WIP	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	91.2729	(Correlated)	0.00	197.00

11:50:16

## Category Overview

outubro 26, 2023

### Unnamed Project

Replications: 1      Time Units: Days

### Queue

#### Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Process 1.Queue	53.8440	(Insufficient)	0.00	107.69
Process 2.Queue	40.8706	(Insufficient)	0.00	81.7412
Process 3.Queue	87.3830	(Insufficient)	0.00	229.76
Process 4.Queue	71.1524	(Insufficient)	0.00	169.61
Process 5.Queue	30.3311	(Insufficient)	0.00	60.6622

#### Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Process 1.Queue	1.3147	(Insufficient)	0.00	4.0000
Process 2.Queue	4.3602	(Insufficient)	0.00	12.0000
Process 3.Queue	63.7911	(Insufficient)	0.00	148.00
Process 4.Queue	5.4541	(Insufficient)	0.00	10.0000
Process 5.Queue	2.4557	(Insufficient)	0.00	8.0000

11:50:16

## Category Overview

outubro 26, 2023

### Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Days

### Resource

#### Usage

Instantaneous Utilization				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Grupo 01	0.4788	(Insufficient)	0.00	1.0000
Grupo 02	0.8432	(Insufficient)	0.00	1.0000
Grupo 03	0.9709	(Insufficient)	0.00	1.0000
Grupo 04	0.9518	(Insufficient)	0.00	1.0000
Grupo 05	0.9622	(Insufficient)	0.00	1.0000
Number Busy				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Grupo 01	0.4788	(Insufficient)	0.00	1.0000
Grupo 02	0.8432	(Insufficient)	0.00	1.0000
Grupo 03	9.7092	(Insufficient)	0.00	10.0000
Grupo 04	1.9037	(Insufficient)	0.00	2.0000
Grupo 05	0.9622	(Insufficient)	0.00	1.0000
Number Scheduled				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Grupo 01	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
Grupo 02	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
Grupo 03	10.0000	(Insufficient)	10.0000	10.0000
Grupo 04	2.0000	(Insufficient)	2.0000	2.0000
Grupo 05	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000

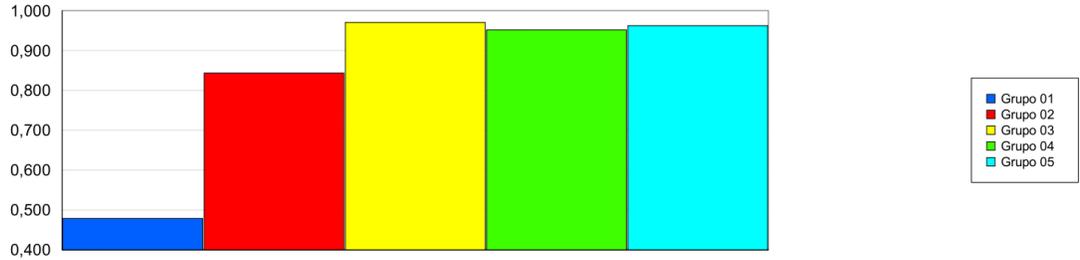
Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Days

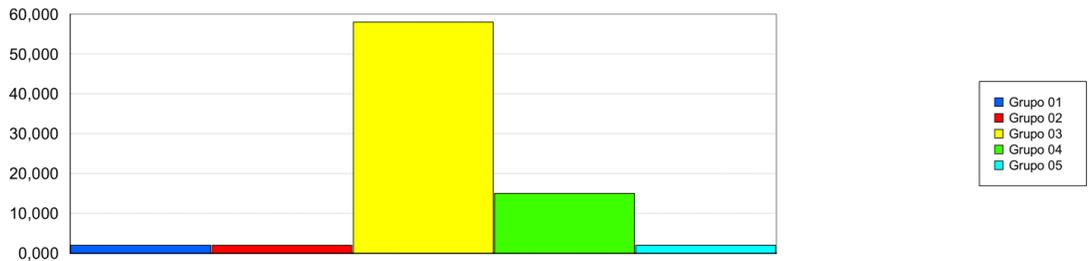
Resource

Usage

Scheduled Utilization	Value
Grupo 01	0.4788
Grupo 02	0.8432
Grupo 03	0.9709
Grupo 04	0.9518
Grupo 05	0.9622



Total Number Seized	Value
Grupo 01	2.0000
Grupo 02	2.0000
Grupo 03	58.0000
Grupo 04	15.0000
Grupo 05	2.0000



## APÊNDICE 2 - Modelo Junção de Grupos

12:00:21

### Category Overview

outubro 26, 2023

#### Unnamed Project

Replications: 1

Time Units: Days

### Key Performance Indicators

#### System

Number Out

Average

169

12:00:21

**Category Overview**

outubro 26, 2023

**Unnamed Project**

Replications: 1      Time Units: Days

**Entity****Time**

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	64.4435	(Insufficient)	6.5233	312.22
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	64.4435	(Insufficient)	6.5233	312.22

**Other**

Number In	Value			
Entity 1	222.00			
Number Out	Value			
Entity 1	169.00			
WIP	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	41.8406	(Correlated)	0.00	62.0000

12:00:21

## Category Overview

outubro 26, 2023

### Unnamed Project

Replications: 1      Time Units: Days

### Queue

#### Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Process 2.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Process 3.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Process 4.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Process 5.Queue	9.8789	(Insufficient)	0.00	60.3126

#### Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Process 2.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Process 3.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Process 4.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Process 5.Queue	0.8626	(Insufficient)	0.00	5.0000

12:00:21

## Category Overview

outubro 26, 2023

### Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Days

### Resource

#### Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Grupo 01	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Grupo 02	0.4321	(Insufficient)	0.00	0.6000
Grupo 03	0.5874	(Insufficient)	0.00	0.9200
Grupo 04	0.3969	(Insufficient)	0.00	0.7500
Grupo 05	0.5139	(Insufficient)	0.00	1.0000
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Grupo 01	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Grupo 02	4.3214	(Insufficient)	0.00	6.0000
Grupo 03	29.3703	(Insufficient)	0.00	46.0000
Grupo 04	3.1749	(Insufficient)	0.00	6.0000
Grupo 05	4.1114	(Insufficient)	0.00	8.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Grupo 01	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Grupo 02	10.0000	(Insufficient)	10.0000	10.0000
Grupo 03	50.0000	(Insufficient)	50.0000	50.0000
Grupo 04	8.0000	(Insufficient)	8.0000	8.0000
Grupo 05	8.0000	(Insufficient)	8.0000	8.0000

**Unnamed Project**

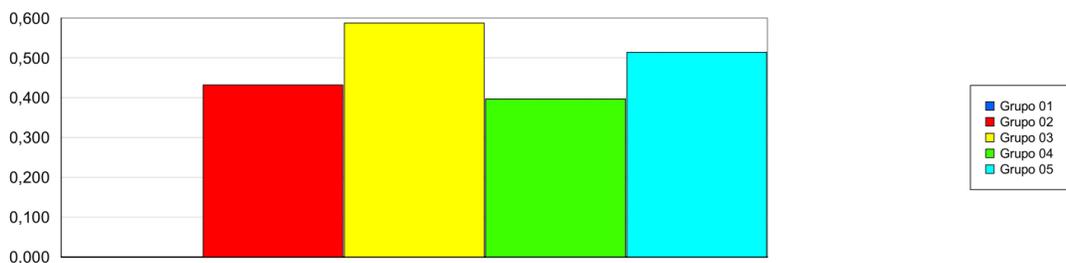
Replications: 1 Time Units: Days

**Resource**

**Usage**

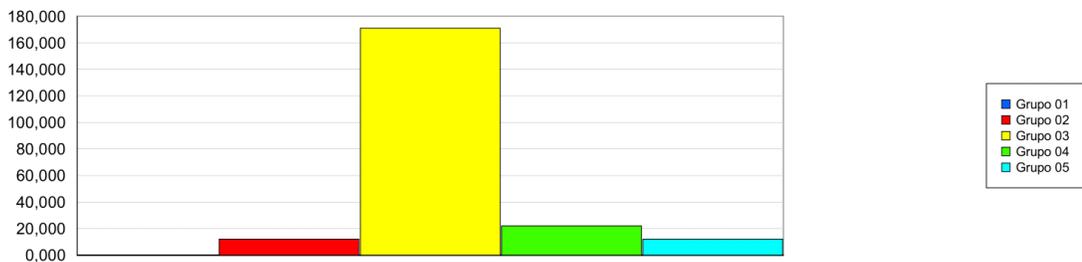
Scheduled Utilization

	Value
Grupo 01	0.00
Grupo 02	0.4321
Grupo 03	0.5874
Grupo 04	0.3969
Grupo 05	0.5139



Total Number Seized

	Value
Grupo 01	0.00
Grupo 02	12.0000
Grupo 03	171.00
Grupo 04	22.0000
Grupo 05	12.0000



## APÊNDICE 3 – Modelo Zero Fila

12:09:18

### Category Overview

outubro 26, 2023

#### Unnamed Project

Replications: 1

Time Units: Days

### Key Performance Indicators

#### System

Number Out

Average

176

12:09:18

## Category Overview

outubro 26, 2023

### Unnamed Project

Replications: 1      Time Units: Days

### Entity

#### Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	61.2478	(Insufficient)	6.3329	312.22
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	61.2478	(Insufficient)	6.3329	312.22

#### Other

Number In	Value			
Entity 1	241.00			
Number Out	Value			
Entity 1	176.00			
WIP	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	41.7659	(Correlated)	0.00	68.0000

12:09:18

## Category Overview

outubro 26, 2023

### Unnamed Project

Replications: 1      Time Units: Days

### Queue

#### Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Process 1.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Process 2.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Process 3.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Process 4.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Process 5.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

#### Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Process 1.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Process 2.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Process 3.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Process 4.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Process 5.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00

12:09:18

## Category Overview

outubro 26, 2023

### Unnamed Project

Replications: 1 Time Units: Days

### Resource

#### Usage

Instantaneous Utilization				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Grupo 01	0.05544178	(Insufficient)	0.00	0.5000
Grupo 02	0.4325	(Insufficient)	0.00	0.9000
Grupo 03	0.5839	(Correlated)	0.00	0.9000
Grupo 04	0.4096	(Insufficient)	0.00	0.7500
Grupo 05	0.4050	(Insufficient)	0.00	1.0000
Number Busy				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Grupo 01	0.1109	(Insufficient)	0.00	1.0000
Grupo 02	4.3252	(Insufficient)	0.00	9.0000
Grupo 03	29.1938	(Correlated)	0.00	45.0000
Grupo 04	3.2765	(Insufficient)	0.00	6.0000
Grupo 05	4.8596	(Insufficient)	0.00	12.0000
Number Scheduled				
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Grupo 01	2.0000	(Insufficient)	2.0000	2.0000
Grupo 02	10.0000	(Insufficient)	10.0000	10.0000
Grupo 03	50.0000	(Insufficient)	50.0000	50.0000
Grupo 04	8.0000	(Insufficient)	8.0000	8.0000
Grupo 05	12.0000	(Insufficient)	12.0000	12.0000

Unnamed Project

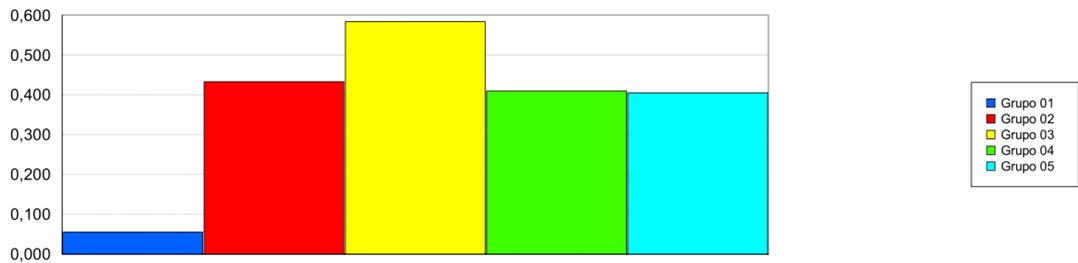
Replications: 1 Time Units: Days

Resource

Usage

Scheduled Utilization

	Value
Grupo 01	0.05544178
Grupo 02	0.4325
Grupo 03	0.5839
Grupo 04	0.4096
Grupo 05	0.4050



Total Number Seized

	Value
Grupo 01	1.0000
Grupo 02	15.0000
Grupo 03	185.00
Grupo 04	25.0000
Grupo 05	15.0000

