

Universidade Federal de Minas Gerais  
Departamento de Ciência da Computação  
Curso de Graduação em Ciência da Computação

**Trabalho Prático 1 - Pesquisa Operacional**  
**Problema de Modelagem**

Lucas Affonso Pires e Mateus Faria Zaparoli Monteiro  
Matrículas: 2023028420 e 2023028560

Belo Horizonte, Abril de 2025

# 1 Introdução

Travian é um jogo de estratégia online em tempo real, onde os jogadores assumem o papel de líderes de aldeias em um mundo medieval. O objetivo é expandir a aldeia, desenvolver a economia, formar exércitos e competir contra outros jogadores. O jogo se baseia em tribos, cada uma com características distintas. Os jogadores devem fazer alianças, conquistar vilas inimigas e participar de eventos para dominar o território. A dinâmica do jogo é focada em recursos, construção, treinamento militar e diplomacia.

Para esse trabalho, temos como objetivo modelar um problema baseado no jogo. Queremos, utilizando um modelo matemático, maximizar o número de habitantes da aldeia nas 72 horas, contadas no mundo real, iniciais de jogo. Para isso, deve-se analisar quais são os edifícios fundamentais a serem construídos, juntamente aos recursos e tempo necessários para tal. Além de buscar a máxima população, também é necessário, para cumprir os requisitos do problema proposto, obter 100 unidades de infantaria. As regras, restrições e variáveis necessárias serão explicadas cada uma em sua devida sessão a seguir.

# 2 Método

Para solucionar o problema, foi solicitado a utilização da linguagem Julia, uma das mais indicadas para problemas de modelagem, justamente pelo seu desempenho comparável a linguagens de baixo nível, mas mantendo a simplicidade e facilidade de uso. Ademais, foi utilizado a ferramenta Gurobi Optimizer, responsável pela verificação e análise do modelo matemático implementado, garantindo de que o cálculo fosse realizado corretamente.

Começamos buscando na wiki do jogo os tempos de construções, a produção de recursos, os custos de produção e o retorno que teríamos por cada edifício construído, após termos essas informações agrupadas passamos a pensar se discretizariamos o tempo em nossa solução ou se optariamos por considerar o número de construtores e modelariamos a solução com base neles, que seriam 2 para nossa tribo, acabamos optando pela abordagem de discretizar o tempo pois conseguimos compreender melhor como escrever os códigos e restrições mais adequadamente com base nessa restrição.

Modelamos o tempo em segundos, e colocamos no código custos, recursos iniciais e capacidades de armazenamento. Primeiro modelamos a restrição inicial de recursos e modelamos e escrevemos a produção horária de recursos. Em seguida, modelamos a restrição de construção máxima de duas construções simultâneas. Em seguida, escrevemos a restrição de que uma construção só pode ter seu nível  $i+1$  construída após o nível  $i$  ter sido construído.

### 3 Variáveis

- **campo[c, l]:**

Tipo: Binária.

Descrição: Indica se o campo de recurso do tipo  $c$  (madeira, argila, mina de ferro ou plantação) foi construído até o nível  $l$ .

- **edificio[b, l]:**

Tipo: Binária.

Descrição: Indica se o edifício  $b$  (como armazém, celeiro, quartel, etc.) foi construído até o nível  $l$ .

- **predios\_usados[b]:**

Tipo: Binária.

Descrição: Indica se o edifício  $b$  foi utilizado em algum nível. Usado para limitar o número total de tipos de edifícios.

- **res[r, t]:**

Tipo: Contínua ( $\geq 0$ ).

Descrição: Representa a quantidade de recurso  $r \in \{\text{wood, clay, iron, crop}\}$  no tempo  $t$  (checkpoint a cada hora).

- **cap[r, t]:**

Tipo: Contínua ( $\geq 0$ ).

Descrição: Capacidade máxima de armazenamento do recurso  $r$  no tempo  $t$ .

- **z[t]:**

Tipo: Binária.

Descrição: Indica o instante de tempo  $t$  em que será realizado o treinamento das tropas.

### 4 Restrições

- **Vinculação de edifícios utilizados:**

Formulação:  $\sum_l edificio[b, l] \geq predios\_usados[b]$

Descrição: Um edifício só é considerado “utilizado” se pelo menos um de seus níveis for construído.

- **Limite de tipos de edifícios:**

Formulação:  $\sum_b \text{predios\_usados}[b] \leq 15$

Descrição: Permite no máximo 15 tipos diferentes de edifícios na vila.

- **Capacidade de armazenamento por tipo de recurso:**

Formulação:  $\text{cap}[r, t] = \text{base} + \text{extra}$

Descrição: A capacidade inicial é 800 unidades para cada recurso. A capacidade adicional vem da construção de armazéns (warehouse) para madeira, argila e ferro; e de celeiros (granary) para colheitas.

- **Limite de armazenamento respeitado:**

Formulação:  $\text{res}[r, t] \leq \text{cap}[r, t]$

Descrição: Garante que os recursos produzidos não excedam a capacidade total de armazenamento.

- **Acúmulo de produção ao longo do tempo:**

Formulação:

$$\text{res}[r, t] = \text{res}[r, t_{\text{anterior}}] + \text{produção acumulada entre } t_{\text{anterior}} \text{ e } t$$

Descrição: Para cada intervalo de uma hora, calcula-se o quanto foi produzido a partir dos níveis construídos de cada campo de recurso, acumulando no total disponível.

- **Escolha de um único tempo de treinamento:**

Formulação:  $\sum_t z[t] = 1$

Descrição: Apenas um instante de tempo é selecionado para treinar tropas.

- **Restrição de recursos no momento do treinamento:**

Formulação:

$$\text{res}[r, t_c] + M \cdot (1 - z[t]) \geq \text{custo total}$$

Descrição: Garante que os recursos estejam disponíveis no tempo selecionado para treinar 100 mercenários.

- **Quartel obrigatório:**

Formulação:  $\sum_l \text{edificio}[:, \text{barracks}, l] \geq 1$

Descrição: Exige que pelo menos um nível de quartel tenha sido construído para permitir o treinamento de tropas.

## 5 Função Objetivo

- **Maximização da infraestrutura construída:**

Formulação:

$$\text{@objective(model, Max, } \sum campo[c, l] \cdot 2 + \sum edificio[b, l] \cdot 3)$$

Descrição: O objetivo é maximizar o desenvolvimento da vila com base nos níveis construídos dos campos de recurso (peso 2) e dos edifícios (peso 3), maximizando o número de habitantes.

## 6 Conclusões

Diante dos recursos limitados e das restrições de construção simultânea, foi possível determinar a combinação ótima de prédios a serem construídos que maximiza a população total da vila. A solução mostra quais prédios devem ser construídos para atingir a solução ideal do máximo de população.

Como estudante, o trabalho teve papel fundamental no entendimento de problemas de modelagem, utilizando uma situação comum, como estratégias em um jogo de MMO para ser capaz de entender as restrições encontradas em busca de um objetivo, no caso, a maximização do número de habitantes no jogo em um determinado período de tempo. Sem dúvidas, as habilidades adquiridas no desenvolvimento deste trabalho serão de grande importância para a formação acadêmica.

## 7 Bibliografia

Slides virtuais da disciplina de pesquisa operacional.

<https://support.travian.com/en/support/home>

<https://www.travian.com/br>

[https://travian.fandom.com/wiki/Travian\\_Wiki](https://travian.fandom.com/wiki/Travian_Wiki)