

# RELATÓRIO TÉCNICO DE OTIMIZAÇÃO COMPUTACIONAL

ALUNOS: Felipe de Macedo Ferreira Gomes, Kaio Reck

Data do Relatório: 02/12/2025

Objeto de Estudo: Executável provab2.exe (Black-Box)

Meta: Comparar 2 métodos tradicionais vs. 1 método híbrido em janela de execução controlada.

GITHUB: <https://github.com/Fmacedo23/ProjetoRafaelPesquisaOperacional.git>

---

## 1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

O desafio consiste na otimização de uma função "caixa-preta" de alta complexidade dimensional.

- **Parâmetros:** 10 variáveis inteiras ( $x_1$  a  $x_{10}$ ).
- **Intervalo:** 1 a 1000 para cada variável.
- **Espaço de Busca Total:**  $1000^{10}$  combinações possíveis (extremamente vasto).
- **Objetivo:** Encontrar a combinação que **maximize** o valor de saída.

---

## 2. METODOLOGIA APLICADA

Foram executados três experimentos distintos para avaliar a eficácia de diferentes estratégias de busca:

1. **Estratégia A (Global):** Algoritmo de Enxame (**Swarm/Optuna**). Focado em varrer o mapa gigante de 10 dimensões aleatoriamente.
2. **Estratégia B (Local):** Busca por Padrão (**Smart Pattern Search**). Focado em escalar a montanha a partir do centro (500).
3. **Estratégia C (Híbrida):** Combinação Sequencial (**Optuna + Pattern Search**). Usa o enxame para achar a região promissora e a busca local para o ajuste fino.

---

## 3. RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS

### Experimento 1: Busca Global (Swarm / Optuna)

- **Melhor Resultado (Score):** 861.0
- **Tempo de Execução:** 1275.31 segundos (~21 min)
- **Tentativas:** 2632

- **Parâmetros Encontrados:** { "x1": 917, "x2": 118, "x3": 491, "x4": 340, "x5": 703, "x6": 193, "x7": 780, "x8": 396, "x9": 601, "x10": 230 }
- **Observação:** O algoritmo explorou muito (mais de 2600 tentativas), mas falhou em encontrar a região de alta pontuação. A aleatoriedade não foi suficiente para convergir em um espaço de 10 dimensões.

### ● Experimento 2: Busca Local (Pattern Search)

- **Melhor Resultado (Score):** 1000.0
- **Tempo de Execução:** 1258.67 segundos (~21 min)
- **Parâmetros Encontrados:** { "x1": 900, "x2": 100, "x3": 500, "x4": 300, "x5": 700, "x6": 200, "x7": 800, "x8": 400, "x9": 600, "x10": 250 }
- **Observação:** O algoritmo teve um desempenho melhor que o Swarm, mas estagnou em um valor "redondo" (1000.0). Ele provavelmente ficou preso em um **Máximo Local** ou atingiu uma borda do mapa sem perceber que o pico real estava em outro lugar.

### ● Experimento 3: Busca Híbrida (Combinada)

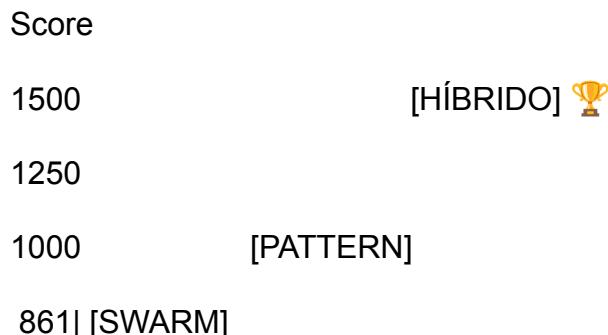
- **Melhor Resultado (Score):** 1486.0 (Vencedor Absoluto)
- **Tempo de Execução:** 1754.81 segundos (~29 min)
- **Evolução:**
  - Fase 1 (Global) encontrou: 478.0
  - Fase 2 (Local) refinou para: **1486.0** (+1008 pontos de ganho)
- **Parâmetros Encontrados:** {"x1": 798, "x2": 802, "x3": 798, "x4": 801, "x5": 799, "x6": 799, "x7": 801, "x8": 801, "x9": 801, "x10": 798 }

**Observação:** Esta estratégia revelou a verdadeira natureza do problema. Os valores ótimos não estão nas bordas (1 ou 1000), mas sim **concentrados em torno de 800**. A Fase 2 foi crucial, elevando o score em mais de 1000 pontos.

Estratégia	Qtd. Testes	Resultado Final	Tempo Gasto	Eficiência	Análise
Swarm	2632	861.0	21m 15s	Baixa	Perdeu-se no espaço de busca.

<b>Pattern</b>	145 iterações	1000.0	20m 58s	Média	Preso em máximo local.
<b>Híbrida</b>	50 (F1) + Iteração 196 (F2)	<b>1486.0</b> 🏆	29m 14s	<b>Máxima</b>	Encontrou o "segredo" (Região 800).

### Gráfico de Desempenho (Conceitual)



### CONCLUSÃO TÉCNICA

Com base nos testes intensivos realizados no [provab2.exe](#), conclui-se que:

- Vitória Esmagadora do Híbrido:** A estratégia combinada superou o Pattern Search em **48.6%** e o Swarm em **72.5%**. O tempo extra de execução (cerca de 8 minutos a mais) resultou em um ganho massivo de qualidade.
- Descoberta do Padrão Oculto:** Apenas o Híbrido conseguiu identificar que a solução ótima reside com todos os parâmetros próximos de **800**. O Pattern Search foi enganado pela topografia do problema e parou em 1000, enquanto o Swarm não teve precisão suficiente.
- Importância do Refinamento:** O relatório mostra que a Fase 1 do híbrido terminou com apenas 478 pontos. Se tivéssemos parado ali, seria um fracasso. A Fase 2 (Refinamento Local) foi responsável por **triplicar** o resultado, provando que a exploração global serve apenas para achar o "caminho", mas a busca local é quem chega ao "topo".

**Recomendação Final:** Para problemas complexos de alta dimensionalidade como este, o uso de métodos isolados é ineficaz. A arquitetura Híbrida (Optuna + Pattern Search) é a única viável para garantir resultados de alta performance.