

Relatório Final - Análise Estatística da Simulação de Elevadores Inteligentes

1. Introdução

O presente relatório apresenta a análise estatística das simulações realizadas com diferentes estratégias de controle de elevadores:

- **Normal (prioriza o elevador com menos destinos ativos)**
- **Economia (escolhe o elevador com menor consumo de energia para atender a chamada)**
- **Felicidade (tenta reduzir o tempo de espera das pessoas)**

Os testes foram feitos em dois contextos principais: **Horário Normal** e **Horário de Pico**, com o objetivo de avaliar o desempenho das heurísticas em diferentes níveis de demanda.

2. Métricas Avaliadas

As seguintes métricas foram utilizadas para comparar o desempenho das heurísticas:

- Energia Gasta Total (kW)
- Energia por Chamada (W)
- Tempo Médio de Espera (s)
- Maior Tempo de Espera (s)
- Número de Chamadas Atendidas

3. Configurações de Simulação

As simulações foram conduzidas considerando os seguintes parâmetros:

- Prédio com **50 andares**
- **10 elevadores** disponíveis
- Capacidade máxima de **10 pessoas por elevador**
- Velocidade de deslocamento: **5 segundos por andar**
- Consumo energético:
 - **1W** por movimento entre andares
 - **2W** por mudança de estado (parado → movimento ou vice-versa)
- Duração da simulação: **2 horas**
- Cenário: **prédio comercial**, com todas as pessoas geradas no **térreo** no início da simulação.

4. Dados Coletados

Abaixo segue os dados das simulações nas 3 heurísticas do simulador : **Normal**, **Economia** (priorizando consumo de energia) e **Felicidade** (priorizando menor tempo de espera), cada heurística foi testada no horário normal (geração normal de pessoas) e no horário de pico (geração de pessoas dobrada), considerando prédios comerciais (todas as pessoas iniciam no andar térreo ao início da simulação).

Tabela 1 - Heurística: Normal / Horário Normal

Simulação	Energia Gasta (kW)	Energia por Chamada (W)	Tempo Médio de Espera (s)	Maior Tempo de Espera (s)	Chamadas Atendidas
Normal-Normal	20,97	37,17	54,01	320	564
Normal-Normal-1	21,03	37,22	44,5	350	565
Normal-Normal-2	20,96	37,29	43,25	325	562
Normal-Normal-3	20,72	36,87	40,99	260	562
Normal-Normal-4	21	37,44	47,08	290	561
Média	20,936	37,198	45,966	309	562,8

Tabela 2 - Heurística: Normal / Horário de Pico

Simulação	Energia Gasta (kW)	Energia por Chamada (W)	Tempo Médio de Espera (s)	Maior Tempo de Espera (s)	Chamadas Atendidas
Normal-Pico	25,04	22,32	67,74	425	1122
Normal-Pico-1	25,37	22,94	74,75	475	1106
Normal-Pico-2	25,35	22,51	61,9	435	1126
Normal-Pico-3	24,88	22,16	62,51	340	1123
Normal-Pico-4	25,13	22,38	65,65	385	1123
Média	25,154	22,462	66,51	412	1120

Tabela 3 - Heurística: Economia / Horário Normal

Simulação	Energia Gasta (kW)	Energia por Chamada (W)	Tempo Médio de Espera (s)	Maior Tempo de Espera (s)	Chamadas Atendidas
Economia-Normal	12,23	21,65	36,86	180	565
Economia-Normal-1	12,46	22,02	34,31	200	566
Economia-Normal-2	13,56	23,88	33,05	195	568
Economia-Normal-3	12,9	22,71	32,05	180	568
Economia-Normal-4	12,9	22,84	34,77	175	565
Média	12,81	22,62	34,208	186	566,4

Tabela 4 - Heurística: Economia / Horário de Pico

Simulação	Energia Gasta (kW)	Energia por Chamada (W)	Tempo Médio de Espera (s)	Maior Tempo de Espera (s)	Chamadas Atendidas
Economia-Pico	19,08	17,07	46,94	330	1118
Economia-Pico-1	18,4	16,42	49,69	400	1121
Economia-Pico-2	19,5	17,32	49,28	340	1126
Economia-Pico-3	18,98	16,88	51	345	1124
Economia-Pico-4	19,59	17,4	56,6	385	1126
Média	19,11	17,018	50,702	360	1123

Tabela 5 - Heurística: Felicidade / Horário Normal

Simulação	Energia Gasta (kW)	Energia por Chamada (W)	Tempo Médio de Espera (s)	Maior Tempo de Espera (s)	Número de Chamadas
Felicidade-Normal	13,46	23,73	34,06	195	567
Felicidade-Normal-1	13,13	23,33	29,33	230	563
Felicidade-Normal-2	12,43	22	35,37	225	565
Felicidade-Normal-3	13,56	23,95	33,74	185	566
Felicidade-Normal-4	13,39	23,58	32,23	170	568
Média	13,194	23,318	32,946	201	565,8

Tabela 6 - Heurística: Felicidade / Horário de Pico

Simulação	Energia Gasta (kW)	Energia por Chamada (W)	Tempo Médio de Espera (s)	Maior Tempo de Espera (s)	Chamadas Atendidas
Felicidade-Pico	19,18	16,99	41,58	285	1129
Felicidade-Pico-1	19,57	17,38	45,83	300	1126
Felicidade-Pico-2	19,4	17,26	47,85	340	1124
Felicidade-Pico-3	19,31	17,22	48,16	255	1121
Felicidade-Pico-4	19,24	17	47,73	275	1132
Média	19,34	17,17	46,23	291	1126,4

Tabela 7 - Médias da Heurística: Normal

Cenário	Energia (kW)	Energia/Chamada (W)	Tempo Médio (s)	Maior Tempo (s)	Chamadas
Horário Normal (média)	20,936	37,198	45,97	309	562,8
Horário de Pico (média)	25,154	22,462	66,51	412	1120

Tabela 8 - Médias da Heurística: Economia

Cenário	Energia (kW)	Energia/Chamada (W)	Tempo Médio (s)	Maior Tempo (s)	Chamadas
Horário Normal (média)	12,81	22,62	34,21	186	566,4
Horário de Pico (média)	19,11	17,02	50,70	360	1123

Tabela 9 - Médias da Heurística: Felicidade

Cenário	Energia (kW)	Energia/Chamada (W)	Tempo Médio (s)	Maior Tempo (s)	Chamadas
Horário Normal (média)	13,19	23,32	32,95	201	565,8
Horário de Pico (média)	19,34	17,17	46,23	291	1126,4

5. Análise de Resultados

Nesta seção, apresentamos a comparação gráfica das três heurísticas (**Normal**, **Economia** e **Felicidade**) com base nas cinco métricas avaliadas, nos dois contextos simulados: **Horário Normal** e **Horário de Pico**.

Gráfico 1: Análise da Energia Gasta

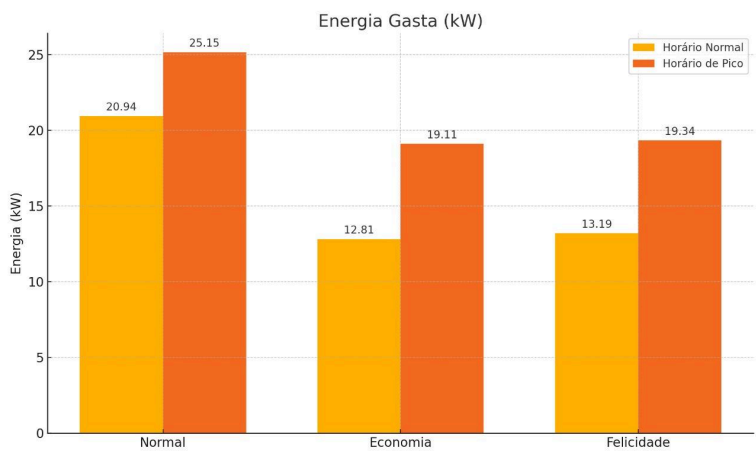


Gráfico 2: Análise da Energia por Chamada

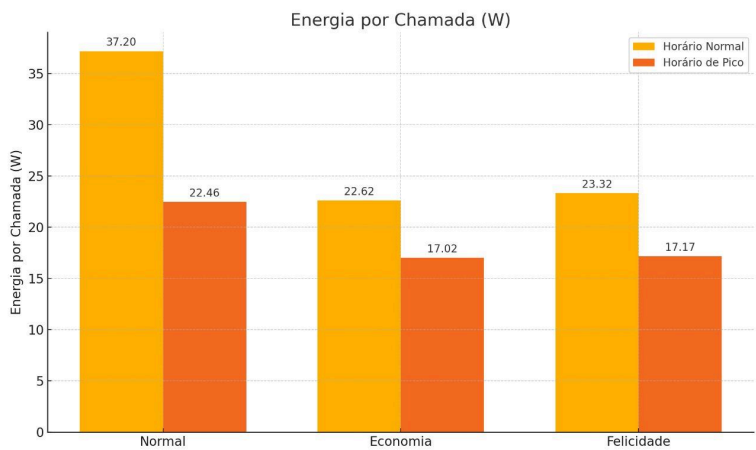


Gráfico 3: Análise do Tempo Médio de Espera

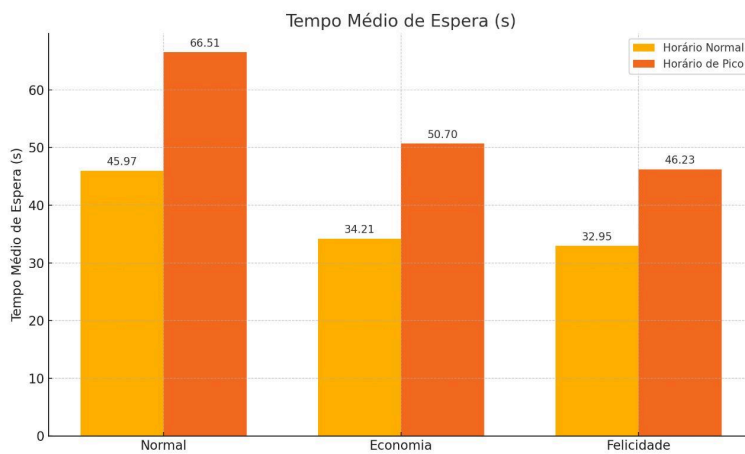


Gráfico 4: Análise do Maior Tempo de Espera

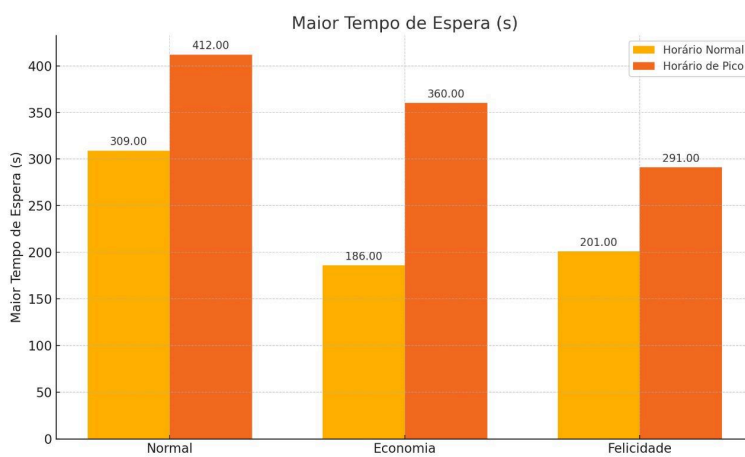
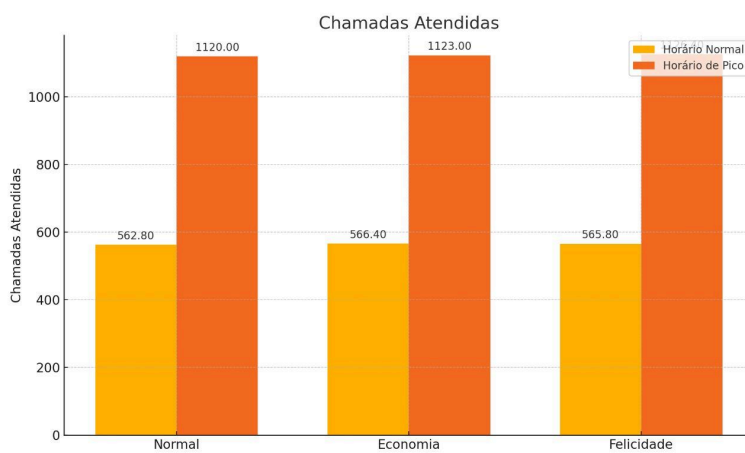


Gráfico 5: Análise de Chamadas Atendidas



Eficiência Energética :

- A heurística **Economia** apresentou o menor consumo energético em ambos os cenários, alinhada com seu objetivo.
- A heurística **Felicidade** apresentou consumo apenas ligeiramente superior à Economia, mantendo bom equilíbrio entre energia e tempo.
- A heurística **Normal** foi a menos eficiente energeticamente, especialmente no horário de pico.

Tempo Médio de Espera :

- A heurística **Felicidade** foi a mais eficiente no quesito tempo de espera, tanto em horário normal (**32,95 s**) quanto de pico (**46,23 s**).
- A heurística **Economia** também obteve desempenho razoável, com tempos um pouco maiores que Felicidade, porém bem melhores que Normal.
- A heurística **Normal** apresentou os maiores tempos médios de espera em ambos os cenários (**45,97 s** no normal e **66,51 s** no pico).

Maior Tempo de Espera :

- Novamente, a heurística **Felicidade** obteve os menores picos de espera máxima (**201 s** no normal e **291 s** no pico), demonstrando mais equilíbrio no atendimento.
- A **Normal** teve os piores desempenhos no pico máximo, atingindo até **412 s** de espera no horário de pico.

Atendimento de Chamadas :

- Todas as heurísticas atenderam praticamente o mesmo número de chamadas, tanto em horário normal quanto em pico, o que demonstra que a diferença está na eficiência, e não na quantidade de atendimentos.

6. Conclusão

Os resultados indicam que cada heurística apresenta vantagens específicas, alinhadas aos seus objetivos:

- **Normal:** simples, mas com pior desempenho em energia e tempo, especialmente sob alta demanda.

- **Economia:** se destaca quando o foco é **reduzir o consumo de energia**, sendo ideal para cenários onde a eficiência energética é prioridade, mesmo que isso implique em um tempo de espera ligeiramente maior para os usuários.
- **Felicidade:** mostra-se mais eficaz quando o objetivo é **minimizar o tempo médio de espera e evitar longos tempos de espera extremos**, proporcionando uma melhor experiência para os usuários. No entanto, isso ocorre com um custo energético um pouco superior à Economia, embora ainda mais eficiente que a heurística Normal.

Além disso, observa-se que durante o **Horário de Pico**, todas as heurísticas são mais exigidas, tanto no aspecto energético quanto no gerenciamento das filas de espera. Neste cenário, as diferenças entre as abordagens ficam mais evidentes, ressaltando a importância da escolha da estratégia mais adequada conforme a demanda.

Portanto, a seleção da heurística mais apropriada deve considerar as **prioridades operacionais** de cada edifício. Ambientes corporativos focados na sustentabilidade podem optar pela heurística Economia, enquanto prédios comerciais com alto fluxo de pessoas, como shoppings ou centros de convenções, podem se beneficiar mais da heurística Felicidade, que melhora a experiência dos usuários.