

LIP: SISTEMA PARA OTIMIZAR O CARREGAMENTO DE PRODUTOS PALETIZADOS EM CAMINHÕES

Aluno: Daniel Gielow Junior

Orientador: Daniel Theisges dos Santos

Roteiro

- **Introdução**
- Fundamentação teórica
- Desenvolvimento
- Resultados
- Conclusão
- Demonstração

Introdução

- Influência na qualidade do produto
- 30% à 40% da mão-de-obra
- Redução de custos



Objetivo Geral

Desenvolver uma aplicação para otimizar o carregamento de produtos paletizados em caminhões e disponibilizar a visualização 3D do resultado.

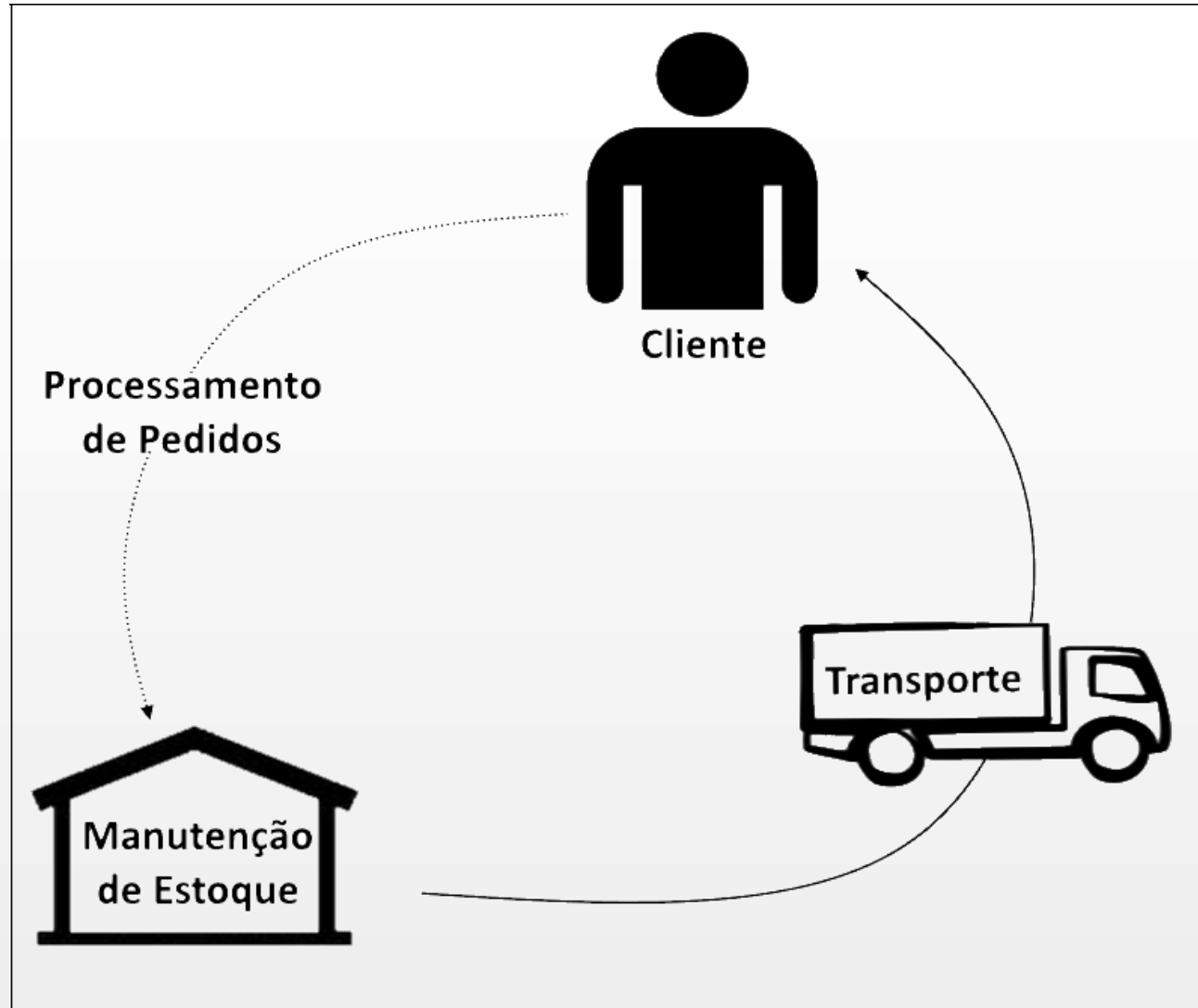
Objetivos Específicos

- Desenvolver um AG para otimizar o carregamento de produtos paletizados em caminhões, tratando restrições de ordem de entrega, volume e balanceamento da carga
- Desenvolver um algoritmo para calcular a posição 3D dos produtos dentro do palete, para tratar o problema de empacotamento
- Desenvolver uma aplicação web para configurar os parâmetros relacionados ao caminhão, caixas e execução dos algoritmos
- Desenvolver uma aplicação para visualização 3D do resultado

Roteiro

- Introdução
- **Fundamentação teórica**
- Desenvolvimento
- Resultados
- Conclusão
- Demonstração

Logística

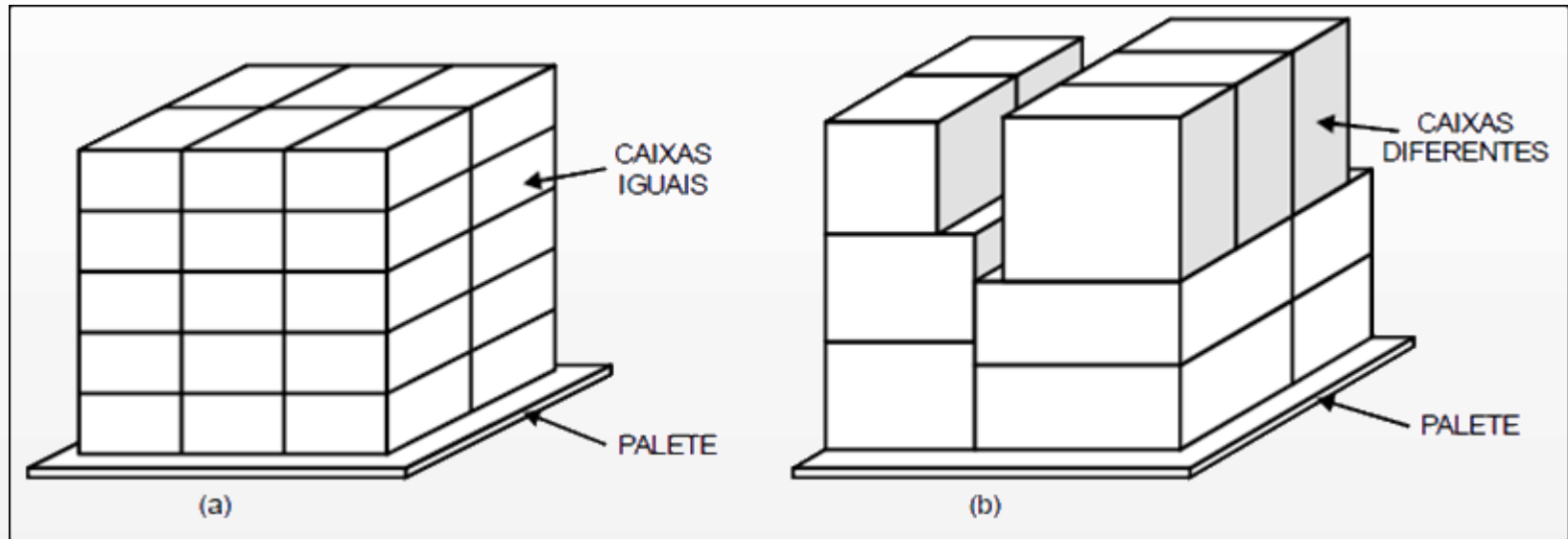


Problema de Empacotamento

characteristics of the large objects		assortment of the small items		
		identical	weakly heterogeneous	strongly heterogeneous
all dimensions fixed	one large object	Identical Item Packing Problem IIPP	Single Large Object Placement Problem SLOPP	Single Knapsack Problem SKP
	identical	X	Multiple Identical Large Object Placement Problem MILOPP	Multiple Identical Knapsack Problem MIKP
	heterogeneous		Multiple Heterogeneous Large Object Placement Problem MHLOPP	Multiple Heterogeneous Knapsack Problem MHKP

Wäscher et al. (2007)

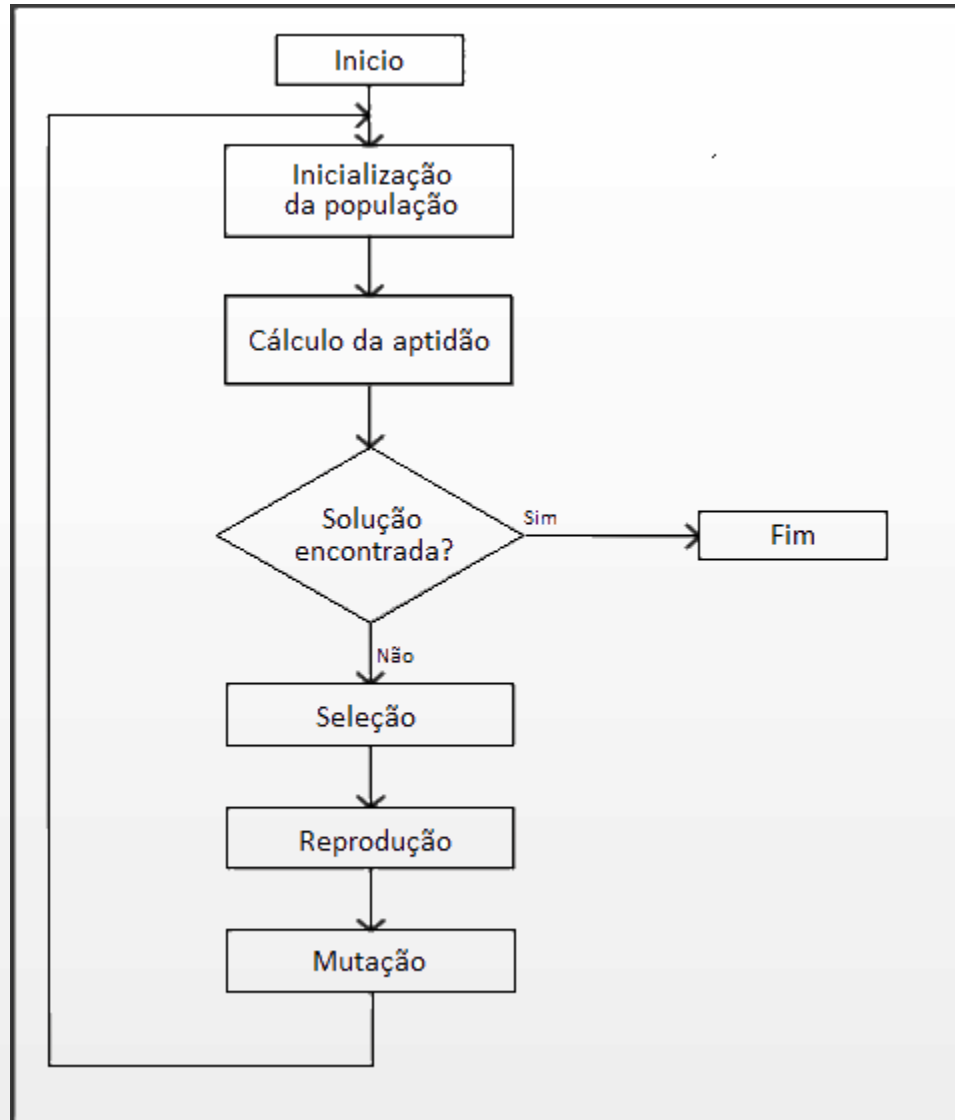
Problema de Carregamento de Paletes



Algoritmos de Aproximação

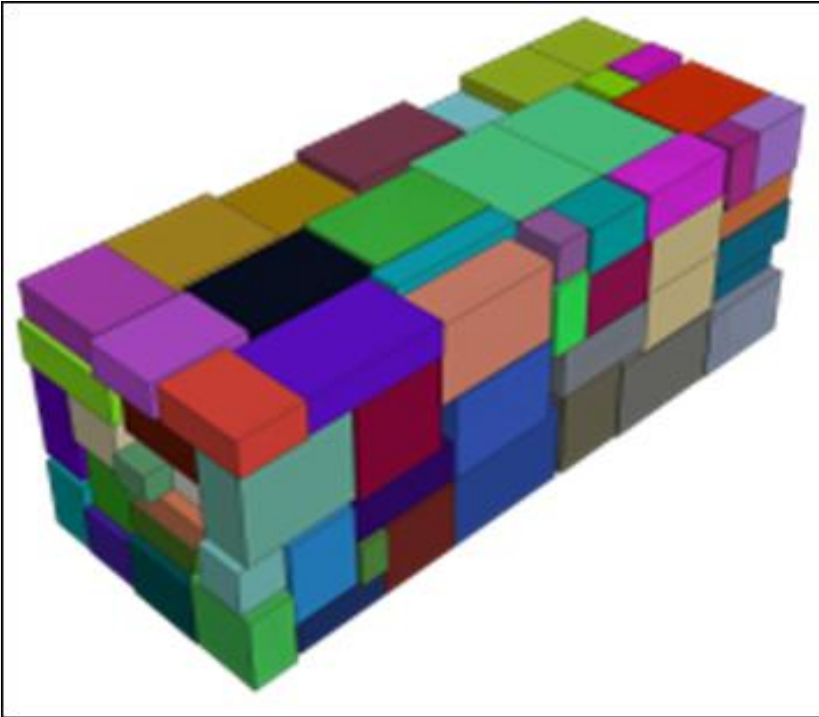
- O uso de um algoritmo aproximado dá-se quando há um maior interesse na execução em tempo polinomial do algoritmo do que a necessidade de obter uma resposta ótima para um determinado problema
- Se beneficiam das características do problema que estão tentando resolver para conseguir encontrar uma solução próxima da ótima

Algoritmos Genéticos



Trabalhos Correlatos

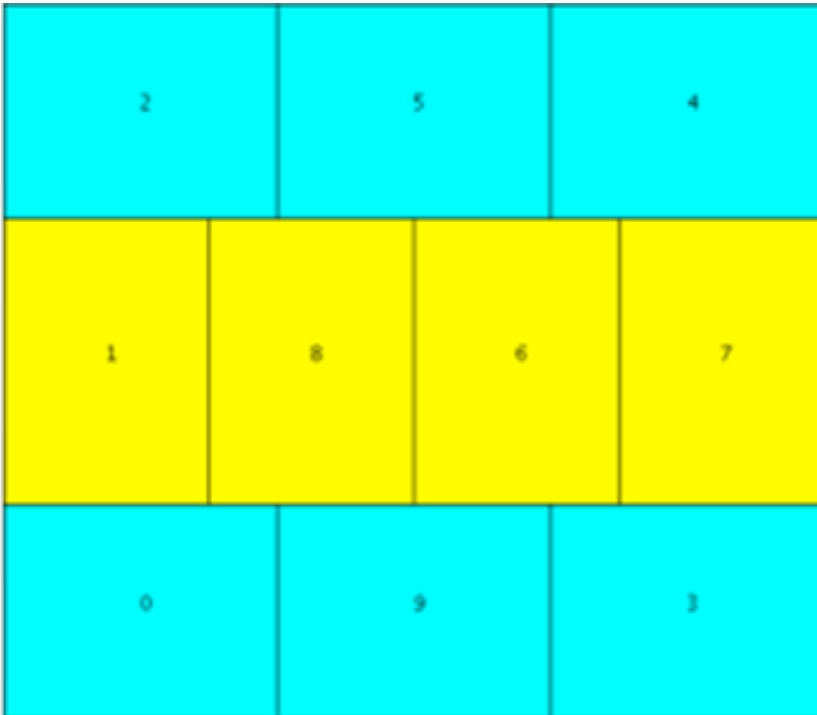
Gonçalves e Resende (2011)



- Resolver o problema de empacotamento em contêineres

Trabalhos Correlatos

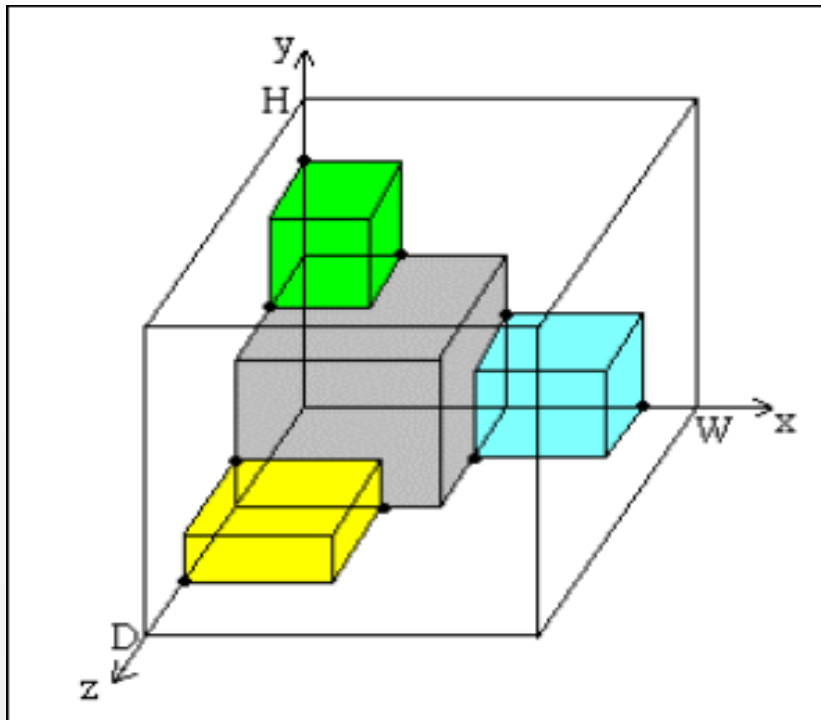
Cavalcanti (2009)



- Resolver o problema de carregamento de paletes do produtor

Trabalhos Correlatos

Silva e Soma (2002)



- Resolver o problema de empacotamento de bins tridimensionais

Roteiro

- Introdução
- Fundamentação teórica
- **Desenvolvimento**
- Resultados
- Conclusão
- Demonstração

Requisitos Funcionais

- **RF01:** Realizar o processamento dos pedidos com um AG
- **RF02:** Realizar o calculo 3D com um algoritmo A*
- **RF03:** Realizar o calculo 3D com um algoritmo de busca local
- **RF04:** Permitir que o usuário realize as configurações necessárias dos produtos

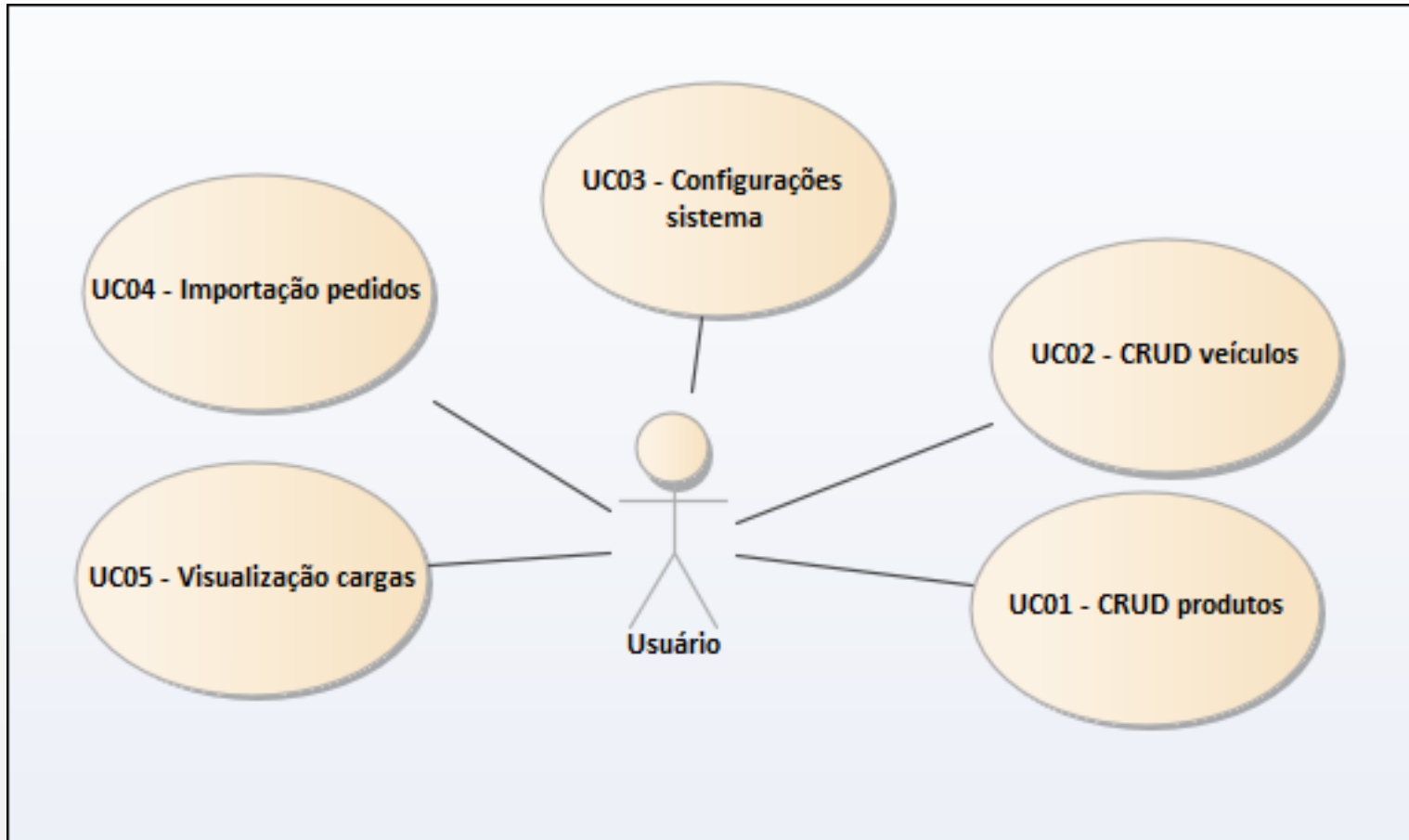
Requisitos Funcionais

- **RF05:** Permitir que o usuário realize as configurações necessárias dos veículos
- **RF06:** Permitir que o usuário realize as configurações de execução dos algoritmos de paletização
- **RF07:** Permitir que o usuário importe pedidos para serem processados pelo sistema
- **RF08:** Permitir que o usuário visualize o resultado 3D do processamento dos algoritmos

Requisitos Não-Funcionais

- **RNF01:** Utilizar a linguagem javascript para o desenvolvimento da aplicação web
- **RNF02:** Utilizar a linguagem de programação C# para o desenvolvimento do AG
- **RNF03:** Utilizar a linguagem de programação C# para o desenvolvimento do algoritmo de busca local
- **RNF04:** Utilizar a linguagem de programação Java para o desenvolvimento do algoritmo A*

Casos de Uso



Casos de Uso

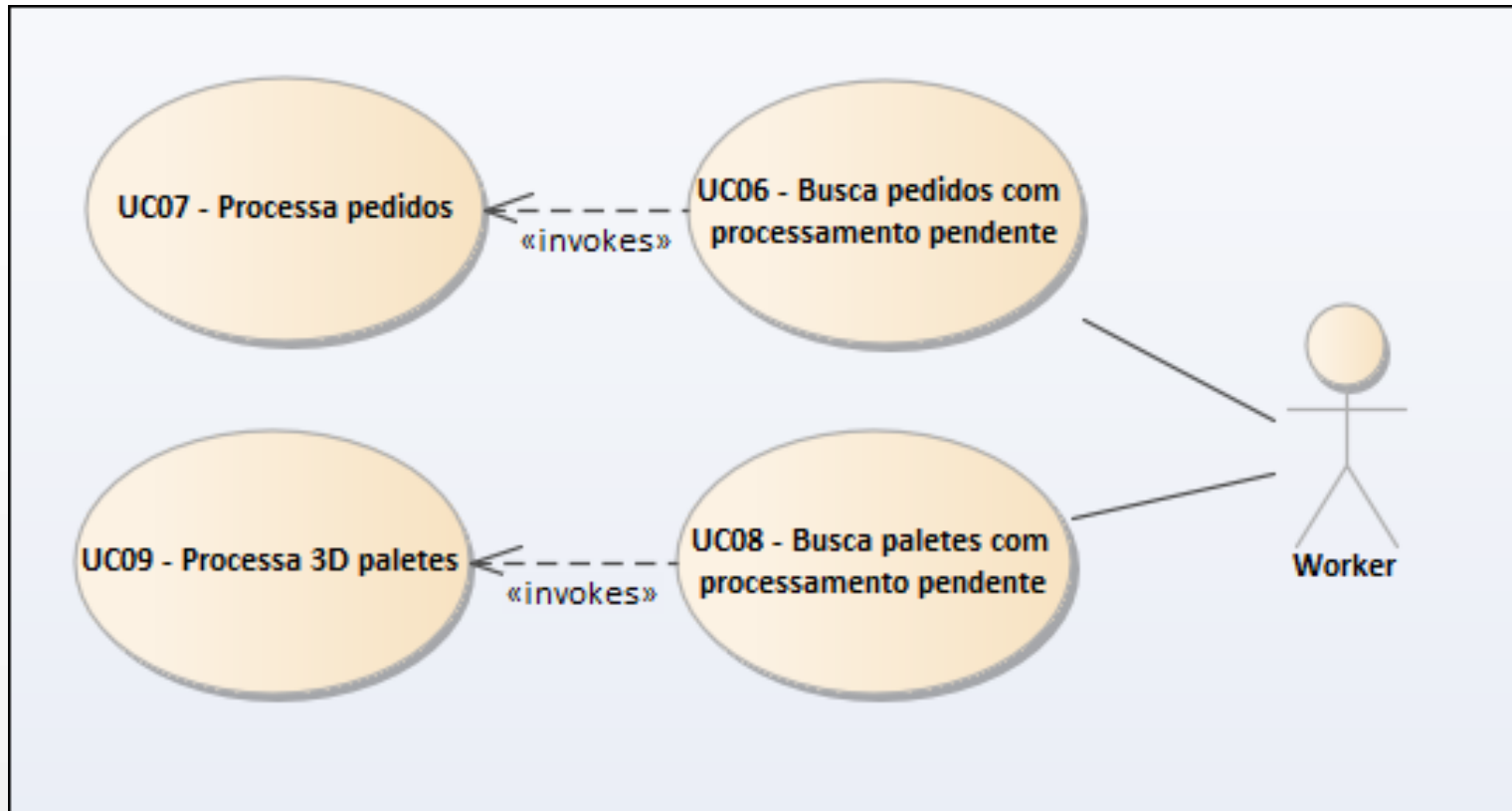
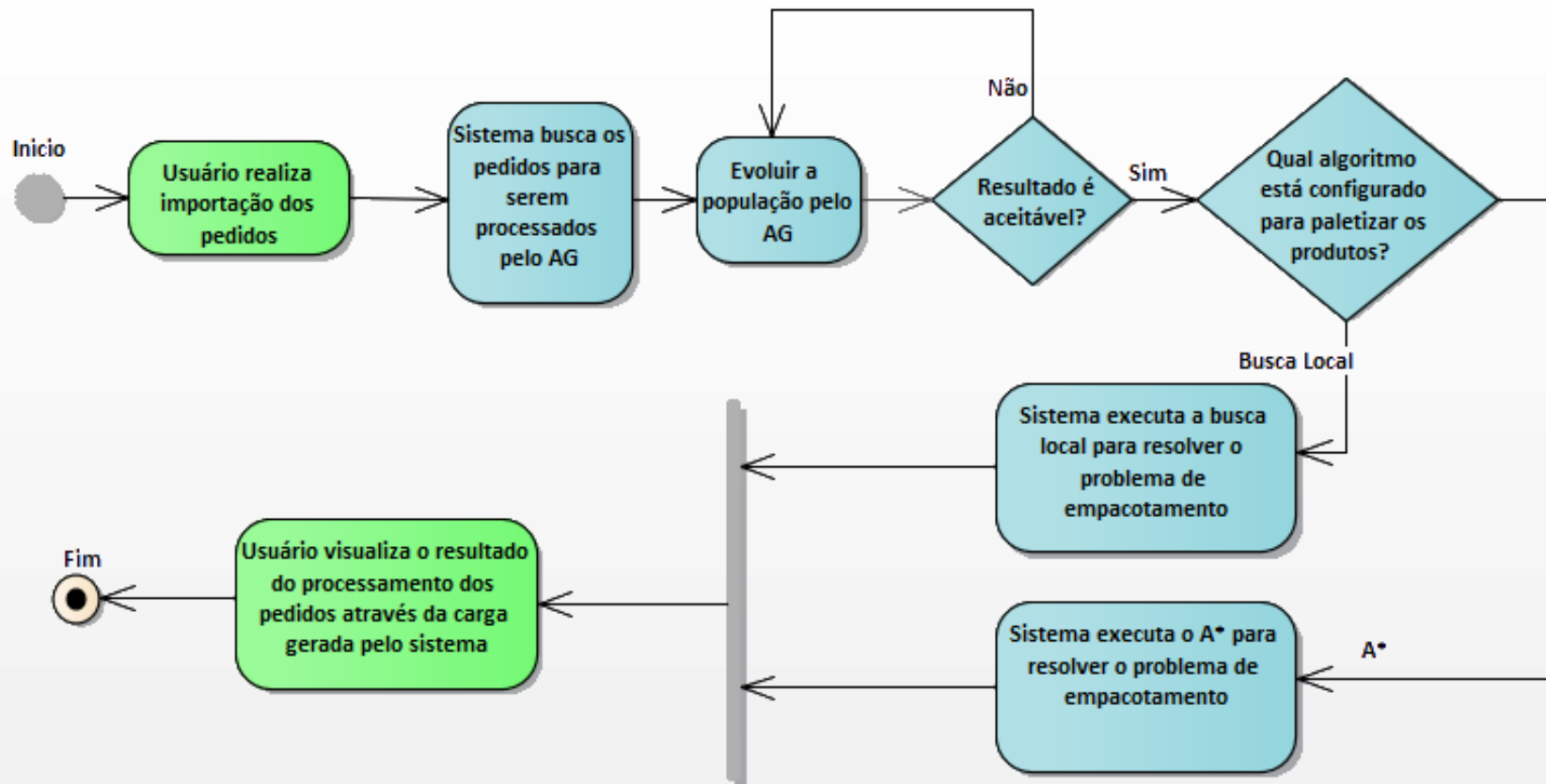


Diagrama de atividades

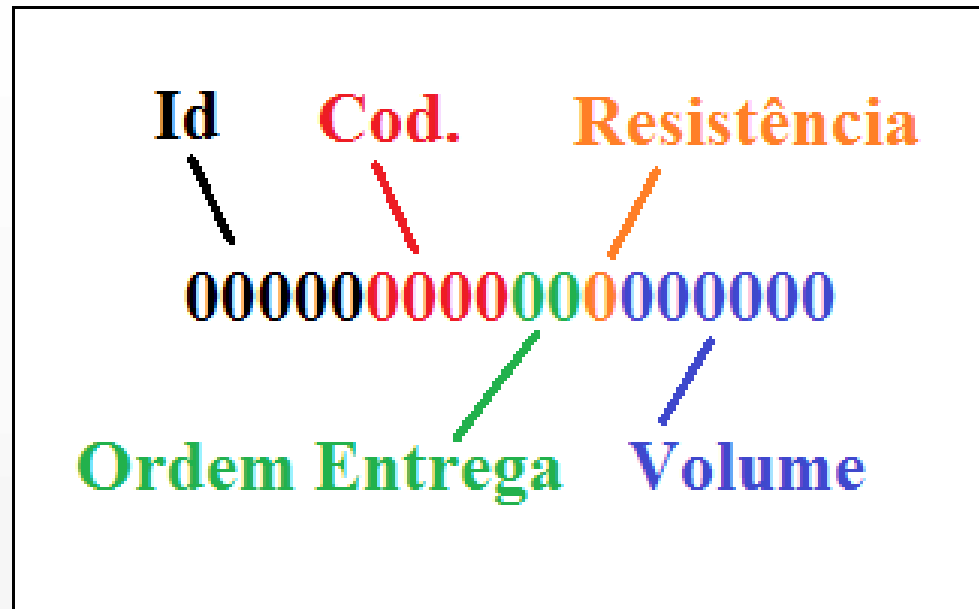


Ferramentas Utilizadas

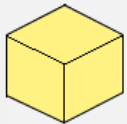
- Visual Studio 2015
- Eclipse Neon
- Linguagem de programação C#
- Linguagem de programação Java
- Linguagem de programação Javascript
- MongoDB
- Biblioteca Three.js
- Nancy Framework

Separação (AG)

Representação da caixa



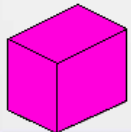
Exemplo:



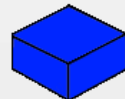
000010100010008000



000030300020002000



000020200010013000



000040400020004000

Separação (AG)

População inicial

Paleta 1	00001	01000	10000	20000
	00002	01000	10000	20000
	00003	02000	10000	08000
	00004	02000	10000	08000
	00005	02000	10000	08000
	00006	02000	10000	08000
Paleta 2	00007	02000	10000	08000
	00008	03000	20000	12000
	00009	03000	20000	12000
	00010	03000	20000	12000

Separação (AG)

População inicial

```

000010100010002000
000020100010002000
000030200010000800
000040200010000800
000050200010000800
000100300020012000
    } Paleta 1

000060200010000800
000070200010000800
000080300020012000
000090300020012000
    } Paleta 2
  
```

```

000010100010002000
000020100010002000
000030200010000800
000040200010000800
000050200010000800
000100300020012000
000080300020012000
000090300020012000
    } Paleta 1

000060200010000800
000070200010000800
    } Paleta 2
  
```

```

000010100010002000
000020100010002000
000030200010000800
000040200010000800
000050200010000800
    } Paleta 1

000060200010000800
000070200010000800
000080300020012000
000090300020012000
000100300020012000
    } Paleta 2
  
```

```

000010100010002000
000020100010002000
000030200010000800
000040200010000800
000050200010000800
000100300020012000
000080300020012000
000090300020012000
    } Paleta 1

000060200010000800
000070200010000800
    } Paleta 2
  
```

```

000010100010002000
000020100010002000
000030200010000800
000040200010000800
000050200010000800
000100300020012000
000080300020012000
000090300020012000
    } Paleta 1

000060200010000800
000070200010000800
    } Paleta 2
  
```

```

000010100010002000
000020100010002000
000030200010000800
000040200010000800
000050200010000800
    } Paleta 1

000060200010000800
000070200010000800
000080300020012000
000090300020012000
000100300020012000
    } Paleta 2
  
```

```

000060200010000800
000070200010000800
    } Paleta 1

000010100010002000
000020100010002000
000030200010000800
000040200010000800
000050200010000800
000100300020012000
000080300020012000
000090300020012000
    } Paleta 2
  
```

```

000010100010002000
000020100010002000
000030200010000800
000040200010000800
000050200010000800
    } Paleta 1

000060200010000800
000070200010000800
000080300020012000
000090300020012000
000100300020012000
    } Paleta 2
  
```

Separação (AG) Aptidão

- Volume dos produtos no palete
- Ordem de entrega

Separação (AG)

Aptidão - Volume

000010100010002000
000020100010002000
000030200010000800
000040200010000800
000050200010000800
000100300020012000

Paleta 1

15

000060200010000800
000070200010000800
000080300020012000
000090300020012000

Paleta 2

000010100010002000
000020100010002000
000030200010000800
000040200010000800
000050200010000800
000100300020012000
000080300020012000
000090300020012000

Paleta 1

30

000060200010000800
000070200010000800

Paleta 2

000010100010002000
000020100010002000
000030200010000800
000040200010000800
000050200010000800
000060200010000800
000070200010000800
000080300020012000
000090300020012000
000100300020012000

Paleta 1

Paleta 2

000010100010002000
000020100010002000
000030200010000800
000040200010000800
000050200010000800
000100300020012000
000080300020012000
000090300020012000

Paleta 1

30

000060200010000800
000070200010000800

Paleta 2

000060200010000800
000070200010000800

Paleta 1

000010100010002000
000020100010002000
000030200010000800
000040200010000800
000050200010000800
000100300020012000
000080300020012000

Paleta 2

000010100010002000
000020100010002000
000030200010000800
000040200010000800
000050200010000800

Paleta 1

000060200010000800
000070200010000800
000080300020012000
000090300020012000
000100300020012000

Paleta 2

000060200010000800
000070200010000800

Paleta 1

000010100010002000
000020100010002000
000030200010000800
000040200010000800
000050200010000800
000100300020012000
000080300020012000
000090300020012000

Paleta 2

000010100010002000
000020100010002000
000030200010000800
000040200010000800
000050200010000800

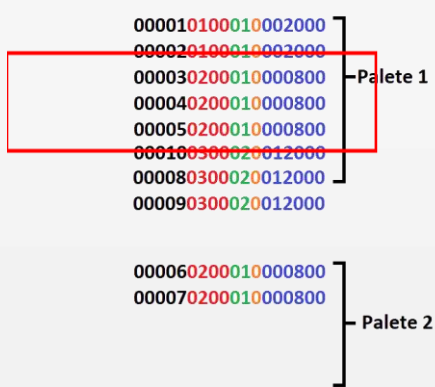
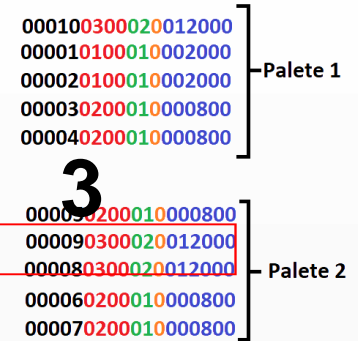
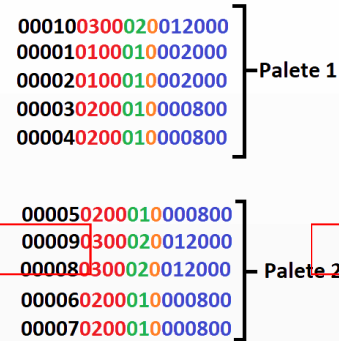
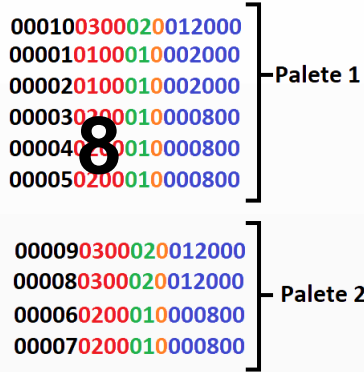
Paleta 1

000060200010000800
000070200010000800
000080300020012000
000090300020012000
000100300020012000

Paleta 2

Separação (AG)

Aptidão - Entrega



Separação (AG)

Mutação

000010100010002000
000060200010000800
00000200010000800
000040200010000800
000080300020012000

Palete 1

000020100010002000
000030200010000800
000090300020012000
000070200010000800
000100300020012000

Palete 2

Separação (AG)

Cruzamento

Cromossomo A

000010100010002000
 000020100010002000
 000050200010000800
 000070200010000800
 000080300020012000
 000100300020012000

Paleta 1

000060200010000800
 000030200010000800
 000090300020012000
 000040200010000800

Paleta 2

Cromossomo B

000010100010002000
 000060200010000800
 000050200010000800
 000090300020012000
 000080300020012000

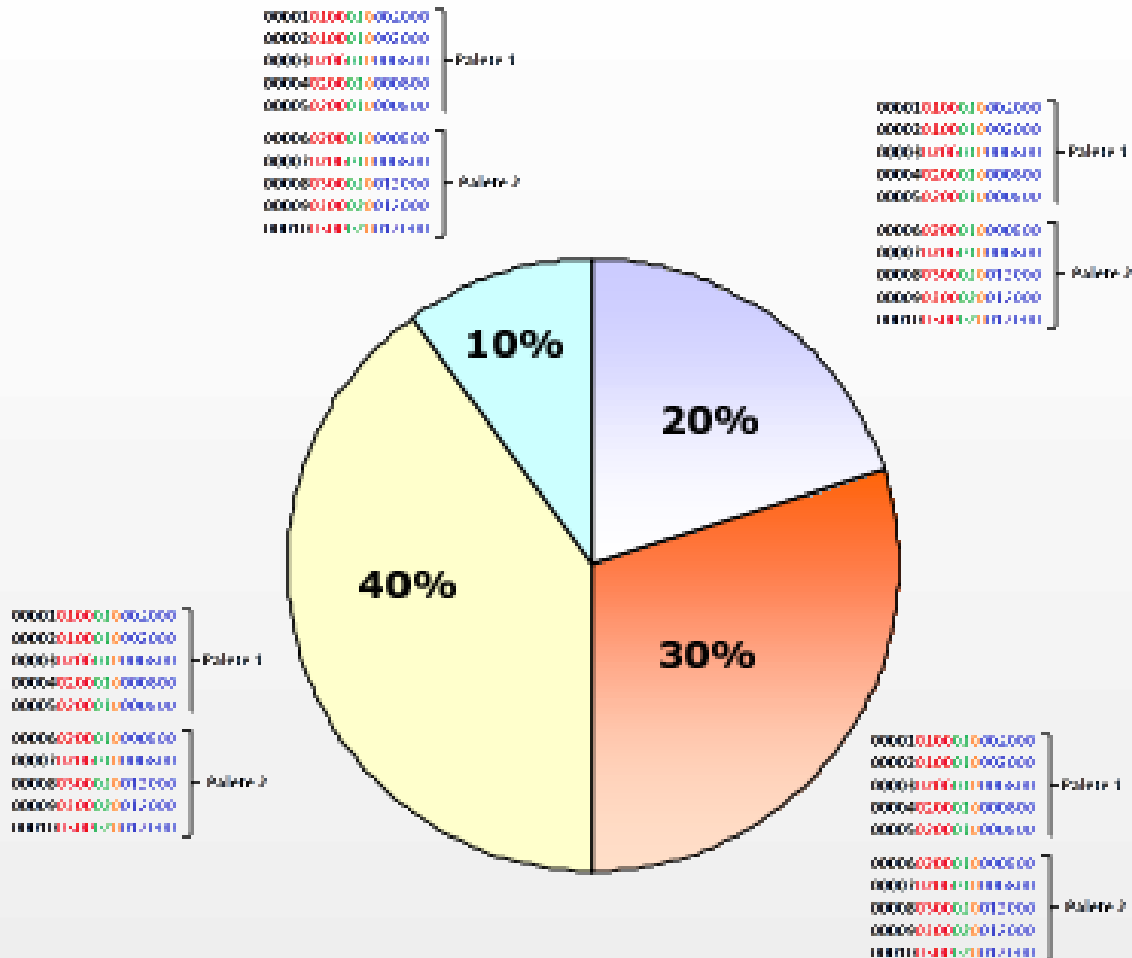
Paleta 1

000020100010002000
 000030200010000800
 000040200010000800
 000070300020000800
 000100300020012000

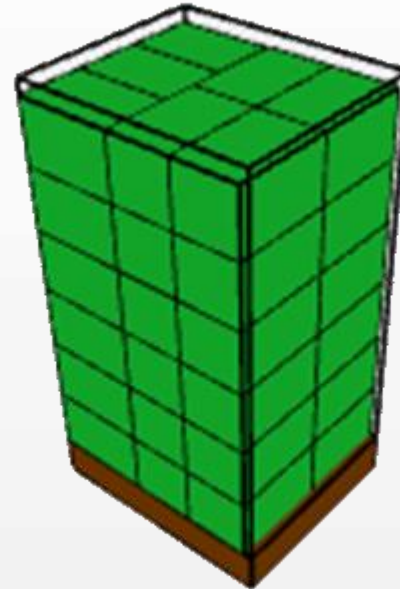
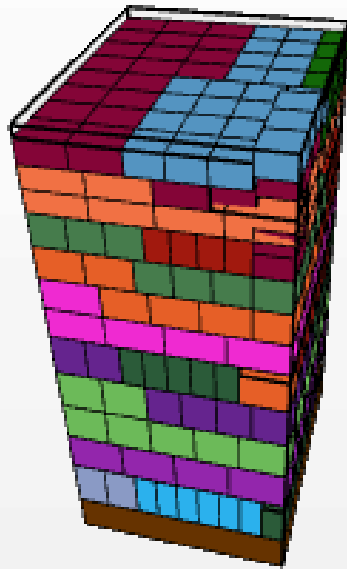
Paleta 2

Separação (AG)

Método de seleção

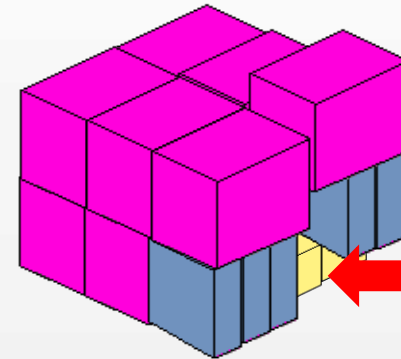


Empacotamento Processamento paletes



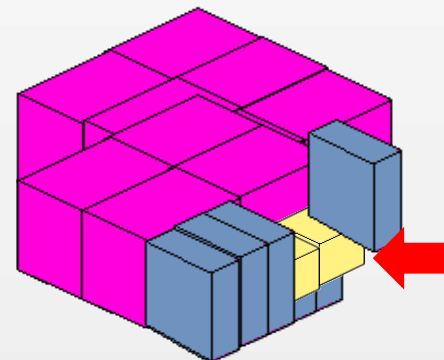
Empacotamento Busca Local

- Montagem da base para o topo

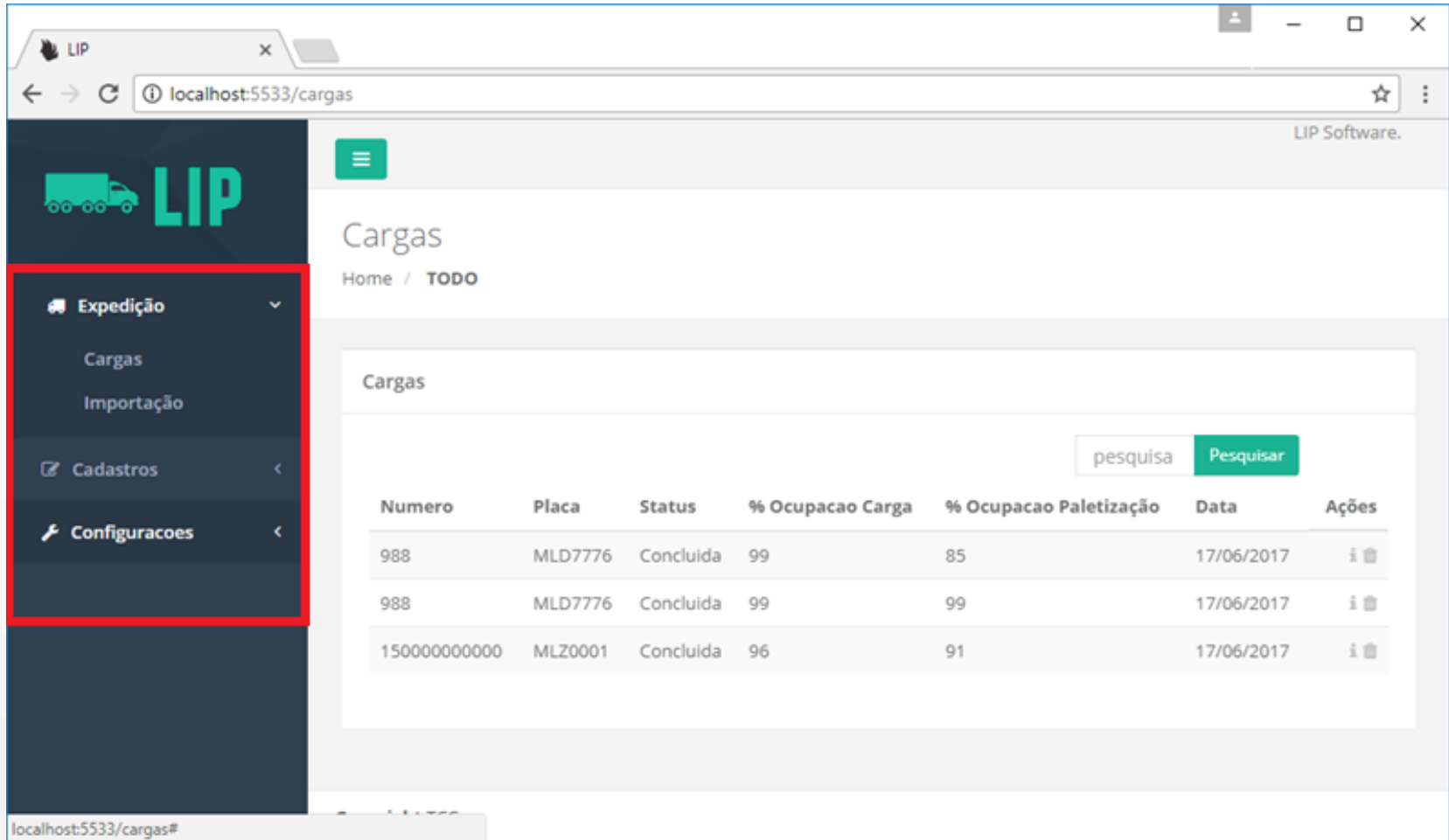


Empacotamento A* (Heurísticas)

- H1 – Quantidade de caixas pendentes
- H2 – Quantidade de vértices inutilizáveis
- H3 – Quantidade de caixas por andar
- H4 – Garante a montagem da base para o topo



Aplicação Web



The screenshot shows a web browser window with the URL `localhost:5533/cargas`. The application header includes the LIP logo and the text "LIP Software.". The main content area is titled "Cargas" and shows a breadcrumb "Home / TODO". Below this is a search bar with the text "pesquisa" and a green "Pesquisar" button. A table of loads is displayed with the following data:

Numero	Placa	Status	% Ocupacao Carga	% Ocupacao Paletização	Data	Ações
988	MLD7776	Concluida	99	85	17/06/2017	i 🗑
988	MLD7776	Concluida	99	99	17/06/2017	i 🗑
1500000000000	MLZ0001	Concluida	96	91	17/06/2017	i 🗑

Roteiro

- **Introdução**
- Fundamentação teórica
- Desenvolvimento
- **Resultados**
- Conclusão
- Demonstração

Classes de Teste

1. Os produtos são altos e compridos
2. Os produtos são largos e compridos
3. Os produtos são altos e largos
4. Os produtos têm grandes dimensões
5. Os produtos têm pequenas dimensões
6. Problemas do distribuidor obtidos de um cenário real
7. Problemas do produtor de um cenário real

Separação

Melhor configuração (AG)

- % Mutação: 1-4
- Qtd pais: 10, 20 e 30
- População: 100, 200 e 300

% de mutação	Quantidade de pais a manter	Tamanho da população	Média da quantidade de gerações necessárias
1	10	100	24
1	10	200	19
1	10	300	14
1	20	100	34
1	20	200	21
1	20	300	18
1	30	100	35
1	30	200	23
1	30	300	19
2	10	100	30
2	10	200	22
2	10	300	15
2	20	100	35
2	20	200	23
2	20	300	20
2	30	100	35
2	30	200	23

Separação

Resultado processamento (AG)

Classe	Tempo médio de processamento (ms)	% processamento com sucesso
1	817	100
2	586	100
3	710	100
4	283	100
5	50174	97
6	5593	91
7	483	100

Empacotamento

Melhor configuração (A*)

- H1: 15 e 20
- H2: 1 e 3
- H3: 15 e 20
- H4: 0, 0.25, 0.5 e 0.75

H1	H2	H3	H4	Quantidade média de nós visitados
15.0	1.0	15.0	0.0	152605
15.0	1.0	15.0	0.25	291
15.0	1.0	15.0	0.5	168988
15.0	1.0	15.0	0.75	187808
15.0	1.0	20.0	0.0	173593
15.0	1.0	20.0	0.25	289
15.0	1.0	20.0	0.5	178449
15.0	1.0	20.0	0.75	186316
15.0	3.0	15.0	0.0	163869
15.0	3.0	15.0	0.25	88
15.0	3.0	15.0	0.5	170228
15.0	3.0	15.0	0.75	194749
15.0	3.0	20.0	0.0	165545
15.0	3.0	20.0	0.25	291
15.0	3.0	20.0	0.5	167470
15.0	3.0	20.0	0.75	178028
20.0	1.0	15.0	0.0	170679
20.0	1.0	15.0	0.25	170408
20.0	1.0	15.0	0.5	
20.0	1.0	15.0	0.75	
20.0	1.0	20.0	0.0	

Empacotamento busca local e A* (Resultado)

Classe	% médio de ocupação da carga	% médio de ocupação atingido (busca local)	% médio de ocupação atingido (A*)
1	86	80	82
2	87	76	76
3	86	77	79
4	88	73	75
5	86	85	20
6	54	50	51
7	100	93	100

Empacotamento

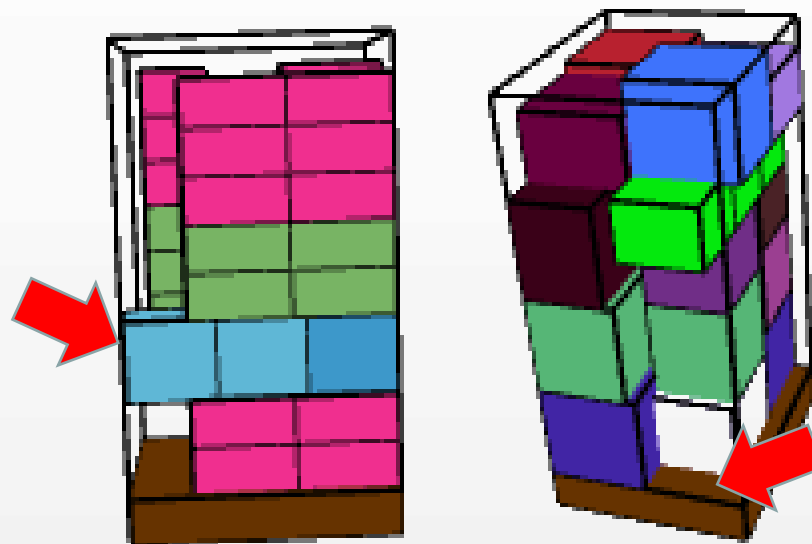
busca local e A* (Tempo)

Classe	% médio de ocupação da carga	Tempo médio de processamento em milissegundos (busca local)	Tempo médio de processamento em milissegundos (A*)
1	86	277	73608
2	87	239	182064
3	86	228	195498
4	88	109	184561
5	86	49256	252725
6	54	6176	34965
7	100	128	48394

Empacotamento

Limitações

- Estabilidade
- Grandes volumes



Comparativo em relação aos trabalhos correlatos

Característica	LIP	Gonçalves e Resende (2012)	Cavalcanti Júnior (2009)	Silva e Soma (2002)
Técnica utilizada	AG	AG	AG	AG
Tamanhos variados	X	X		X
Estabilidade dos produtos				X
Ordem de entrega	X			
Técnica de cálculo	Volume	Volume	Área	Volume
Aplicação	Caminhão	Container	Palete	Container
Visualização do resultado	3D		2D	

Roteiro

- Introdução
- Fundamentação teórica
- Desenvolvimento
- Resultados
- **Conclusão**
- Demonstração

Conclusões

- O objetivo de resolver o problema de carregamento de paletes foi alcançado de forma satisfatória
- A aplicação oferece uma boa forma de visualização do resultado alcançado
- O estudo realizado pode ser um ponto de partida para aplicações com problemas relacionados

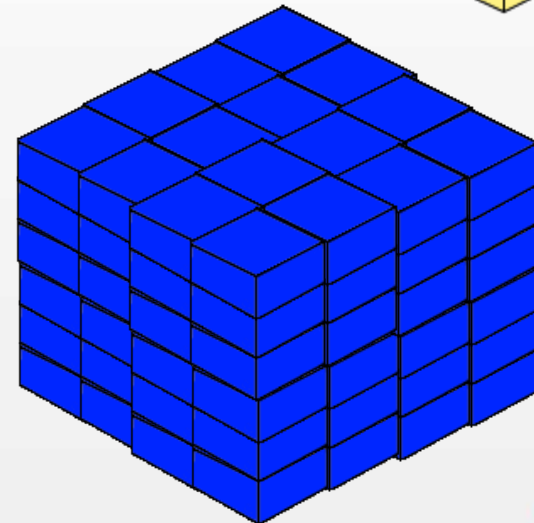
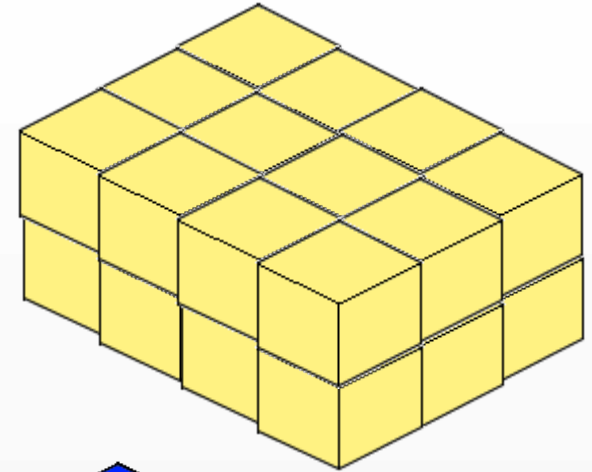
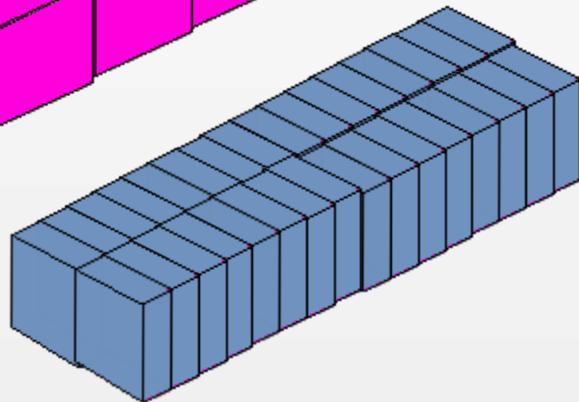
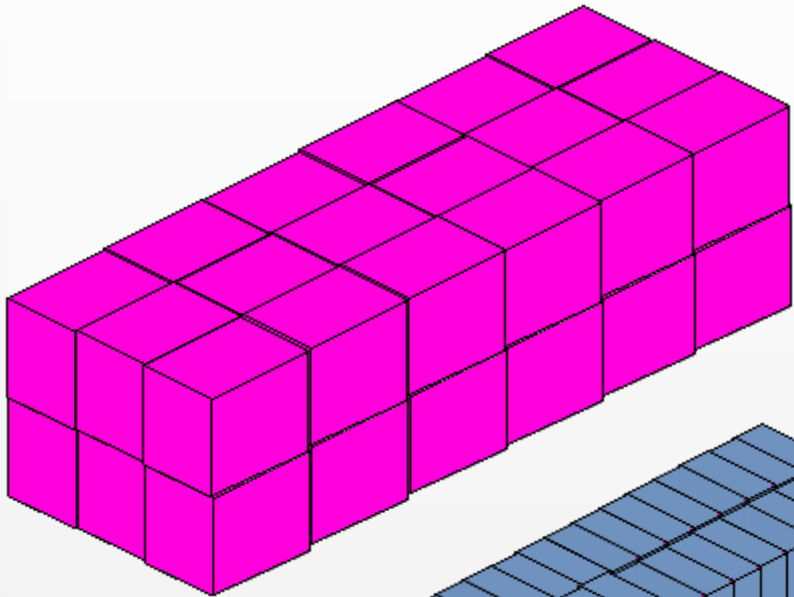
Extensões

- Desenvolver uma nova heurística para garantir a estabilidade dos produtos dentro do palete
- Desenvolver uma nova heurística no AG para tratar problemas de resistência dos produtos
- Otimizar o A^* para tratar itens pequenos
- Adaptar a visualização do resultado para dispositivos móveis
- Alterar o AG para tratar também o problema de empacotamento

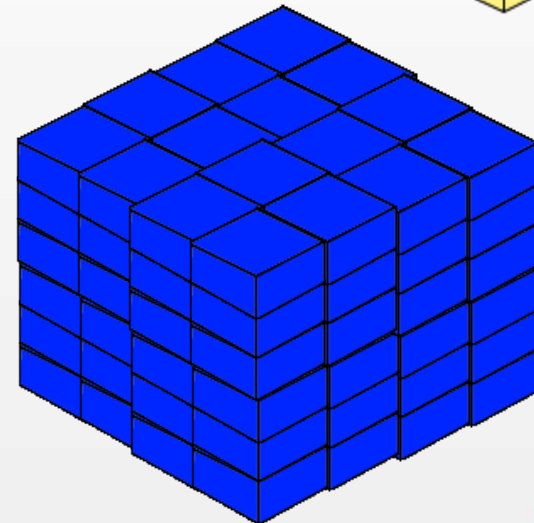
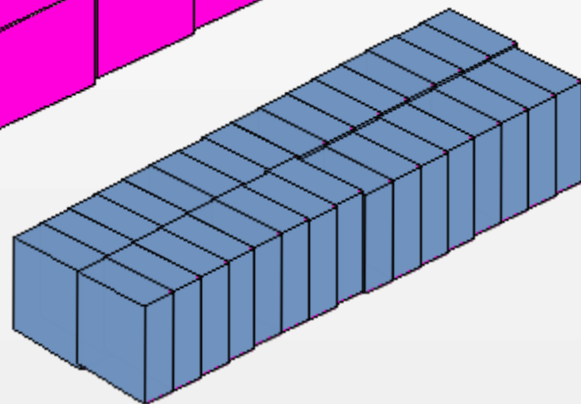
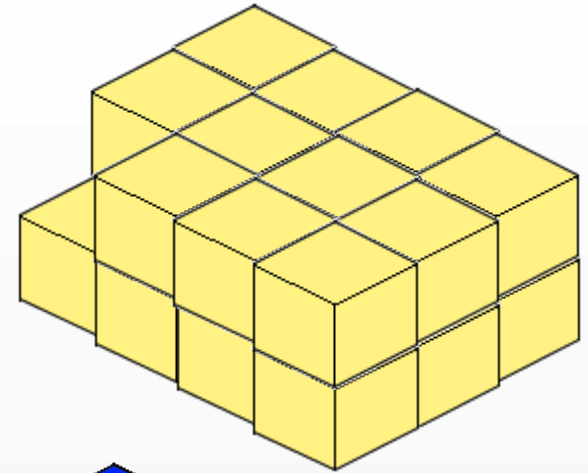
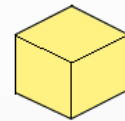
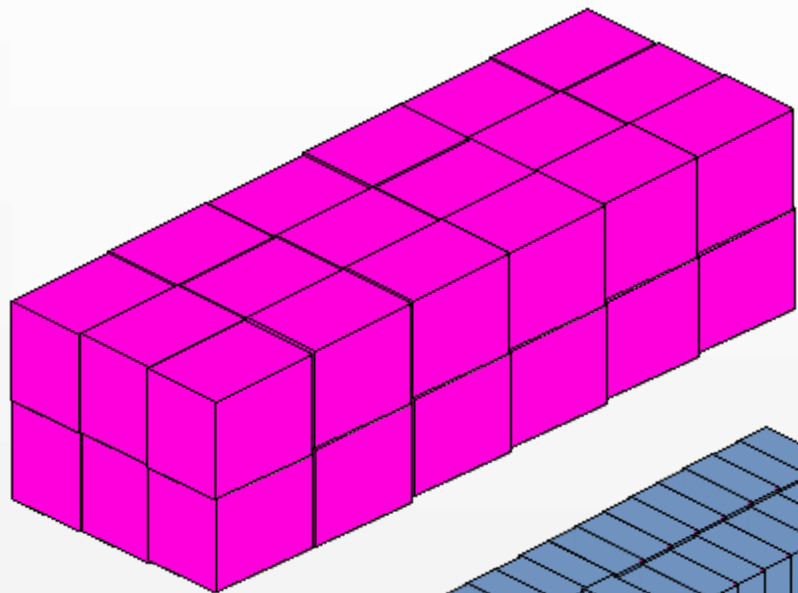
Demonstração

Perguntas?

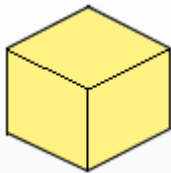
Ferramentas Utilizadas



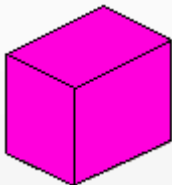
Ferramentas Utilizadas



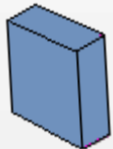
Representação da caixa



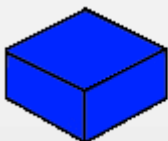
000010100010008000



000020200010013000



000030300020002000



000040400020004000