



Pós-Graduação em Ciência da Computação

ALUNO DA SILVA UFPE

Métodos de Otimização Aplicados ao Aprendizado Contínuo em DBZ



Universidade Federal de Pernambuco
posgraduacao@cin.ufpe.br
<http://cin.ufpe.br/~posgraduacao>

Recife
2019

ALUNO DA SILVA UFPE

Métodos de Otimização Aplicados ao Aprendizado Contínuo em DBZ

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciências da Computação.

Área de Concentração: Análise de Algoritmos e Complexidade de Computação.

Orientador: Prof. Dr. Whis Bills

Coorientador: Prof. Dr. Kame Muten Roshi.

Recife
2019

FICHA

ALUNO DA SILVA UFPE

“Métodos de Otimização Aplicados ao Aprendizado Contínuo em DBZ”

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciência da Computação.

Aprovado em: XX/XX/2019.

Orientador: Prof. Dr. Whis Bills

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Son Goku (Examinador Interno)
Centro de Informática /UFDBZ

Prof. Dr. Tao Pai Pai (Examinador Interno)
Centro de Informática /UFDBZ

Prof. Dr. Majin Boo (Examinador Interno)
Centro de Informática / UFDBZ

Prof. Dr. Golden Freeza (Examinador Externo)
Departamento de Estatística e Informática/ UFDB

Prof. Dr. Piccolo Daimaoh (Examinador Externo)
Departamento de Ciência da Computação/UFDB

Dedico o resultado deste esforço a todos que me treinaram.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao todos os meu treinadores. Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

RESUMO

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Palavras-chaves: Super Sayajin. Otimização. Algoritmos. Esferas. Poder de Luta.

ABSTRACT

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Keywords: Super Sayajin. Optimization. Algorithms. Spheres. Fighting Power.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Exemplo de um pátio e um bloco de contêineres. | 16 |
| Figura 2 – Coeficiente de variação para as soluções produzidas pelo TENSINHAN. | 27 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Distribuição dos valores de prioridade dos contêineres na baía. | 20 |
| Tabela 2 – Resultados computacionais dos algoritmos Vegeta e A*. | 26 |

super

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A Star

Branch-and-Bound

Container

Retrieval

Problem

*Expected Number
of Additional
Relocations*

Guindaste
Portuário sobre
Trilhos

*Lowest Absolute
Difference Index*

*Lowest-Slot
Index*

*Mutual Exclusion
Scheduling for
Permutation
Graphs*

Programação
Linear Inteira

Pilot Method

Problema de
Recuperação de
Contêineres

*Reactive Greedy
Randomized
Adaptive Search
Procedure*

Reshuffle Index

*Reshuffle with
Look-Ahead
Index*

*Twenty feet
Equivalent Unit*

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|----------|------------------|
| γ | Letra grega Gama |
| \in | Pertence |
| δ | Delta |
| θ | Teta |
| σ | Sigma |
| μ | Mi |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 | CONTEXTUALIZAÇÃO | 16 |
| 1.2 | MOTIVAÇÃO | 17 |
| 1.3 | PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESES | 17 |
| 1.4 | OBJETIVOS | 17 |
| 1.5 | METODOLOGIA DE PESQUISA | 17 |
| 1.6 | PUBLICAÇÕES RELACIONADAS A TESE | 18 |
| 1.7 | ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO | 18 |
| 2 | PROBLEMA DE DBZ | 19 |
| 2.1 | INTRODUÇÃO | 19 |
| 2.2 | DESCRIÇÃO DO PROBLEMA | 19 |
| 2.3 | CONCEITOS | 19 |
| 2.4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 20 |
| 3 | TRABALHOS RELACIONADOS | 21 |
| 3.1 | INTRODUÇÃO | 21 |
| 3.2 | ABORDAGENS EXATAS | 21 |
| 3.3 | ABORDAGENS APROXIMADAS | 21 |
| 3.4 | VARIAÇÕES DO DBZ | 22 |
| 3.5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 22 |
| 4 | NOVOS MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO PARA O PROBLEMA | 23 |
| 4.1 | INTRODUÇÃO | 23 |
| 4.2 | MÉTRICAS E OBJETIVOS DE OTIMIZAÇÃO | 23 |
| 4.3 | MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA | 23 |
| 4.3.1 | Computação de Yajirobe | 25 |
| 4.4 | ALGORITMO TENSINHAN | 25 |
| 5 | ANÁLISE EXPERIMENTAL | 26 |
| 5.1 | INTRODUÇÃO | 26 |
| 5.2 | AVALIAÇÕES | 26 |
| 5.3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 27 |
| 6 | CONCLUSÃO | 28 |
| 6.1 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 28 |

| | | |
|-----|------------------------------------|-----------|
| 6.2 | PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES | 28 |
| 6.3 | TRABALHOS FUTUROS | 28 |
| | REFERÊNCIAS | 29 |

1 INTRODUÇÃO

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

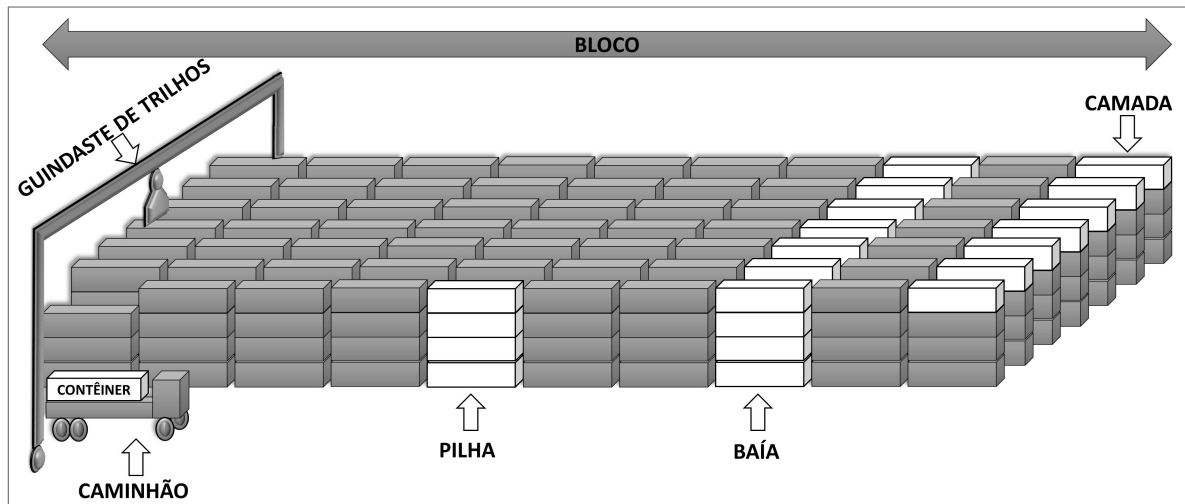


Figura 1 – Exemplo de um pátio e um bloco de contêineres.

Alguns acrônimos são *Twenty feet Equivalent Unit* (TEU), Guindaste Portuário sobre Trilhos (GPT), o Problema de Recuperação de Contêineres (Problema de Recuperação de Contêineres (PRC)) ou *Container Retrieval Problem* (CRP). Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum.

Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

1.2 MOTIVAÇÃO

Alguns acrônimos são Programação Linear Inteira (PLI), *A Star* (A*) (HART; NILSSON; RAPHAEL, 1968), *Reactive Greedy Randomized Adaptive Search Procedure* (RGRASP) (PRAIS; RIBEIRO, 2000) e *Pilot Method* (PM) (VOßS; FINK; DUIN, 2005).

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESES

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

1.4 OBJETIVOS

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

1.5 METODOLOGIA DE PESQUISA

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

1.6 PUBLICAÇÕES RELACIONADAS A TESE

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

1.7 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

As seções restantes desta tese encontram-se estruturadas da seguinte forma.

2 PROBLEMA DE DBZ: descreve com maiores detalhes o problema de otimização abordado neste trabalho de pesquisa e introduz conceitos básicos relacionados ao problema que são utilizados para a elaboração deste trabalho.

3 TRABALHOS RELACIONADOS: apresenta os trabalhos realizados pela comunidade científica no desenvolvimento de métodos de otimização para solucionar o DBZ.

4 NOVOS MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO PARA O PROBLEMA: explana sobre os métodos de otimização propostos nesta tese.

5 ANÁLISE EXPERIMENTAL: descreve e discute os resultados dos experimentos efetuados para análise e avaliação dos métodos de otimização desenvolvidos.

6 CONCLUSÃO: apresenta as considerações finais sobre os principais tópicos abordados nesta tese, incluindo as contribuições alcançadas e as indicações de trabalhos futuros.

2 PROBLEMA DE DBZ

2.1 INTRODUÇÃO

Sed feugiat. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Ut pellentesque augue sed urna. Vestibulum diam eros, fringilla et, consectetuer eu, nonummy id, sapien. Nullam at lectus. In sagittis ultrices mauris. Curabitur malesuada erat sit amet massa. Fusce blandit. Aliquam erat volutpat. Aliquam euismod. Aenean vel lectus. Nunc imperdiet justo nec dolor.

2.2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Sed feugiat. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Ut pellentesque augue sed urna. Vestibulum diam eros, fringilla et, consectetuer eu, nonummy id, sapien. Nullam at lectus. In sagittis ultrices mauris. Curabitur malesuada erat sit amet massa. Fusce blandit. Aliquam erat volutpat. Aliquam euismod. Aenean vel lectus. Nunc imperdiet justo nec dolor.

2.3 CONCEITOS

Dado o problema *Mutual Exclusion Scheduling for Permutation Graphs* (MESPG), os principais conceitos encontrados na literatura são descritos abaixo.

1. ***Lowest-Slot Index (LSI)*** (ZHANG, 2000).
2. ***Reshuffle Index (RI)*** (MURTY et al., 2005).
3. ***Reshuffle with Look-Ahead Index (RIL)*** (WU; TING, 2010).
4. ***Expected Number of Additional Relocations (ENAR)*** (KIM; HONG, 2006).
5. ***Lowest Absolute Difference Index (LADI)*** (WU; TING, 2012).

A seguir o exemplo de um lema e uma tabela (Tabela 1).

Lema 1. *Lema lema lema lema lema lema lema lema lema lema.*

Prova [Lema 1]. Aliquam lectus. Vivamus leo. Quisque ornare tellus ullamcorper nulla. Mauris porttitor pharetra tortor. Sed fringilla justo sed mauris. Mauris tellus. Sed non leo. Nullam elementum, magna in cursus sodales, augue est scelerisque sapien, venenatis congue nulla arcu et pede. Ut suscipit enim vel sapien. Donec congue. Maecenas urna mi, suscipit in, placerat ut, vestibulum ut, massa. Fusce ultrices nulla et nisl. □

Tabela 1 – Distribuição dos valores de prioridade dos contêineres na baia.

| PILHA | CAMADA | PRIORIDADE |
|-------------------|-----------------------|--------------------------------|
| $i = 1$ | $j = 1$ | 1 |
| $i = 1$ | $j = 2, \dots, H$ | j |
| $i = 2, \dots, W$ | $j = 1, \dots, H - m$ | $N + 1 - (j + (i - 2)(H - m))$ |
| $i = 2, \dots, W$ | $j = H - m + 1$ | sem contêiner |

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Etiam ac leo a risus tristique nonummy. Donec dignissim tincidunt nulla. Vestibulum rhoncus molestie odio. Sed lobortis, justo et pretium lobortis, mauris turpis condimentum augue, nec ultricies nibh arcu pretium enim. Nunc purus neque, placerat id, imperdiet sed, pellentesque nec, nisl. Vestibulum imperdiet neque non sem accumsan laoreet. In hac habitasse platea dictumst. Etiam condimentum facilisis libero. Suspendisse in elit quis nisl aliquam dapibus. Pellentesque auctor sapien. Sed egestas sapien nec lectus. Pellentesque vel dui vel neque bibendum viverra. Aliquam porttitor nisl nec pede. Proin mattis libero vel turpis. Donec rutrum mauris et libero. Proin euismod porta felis. Nam lobortis, metus quis elementum commodo, nunc lectus elementum mauris, eget vulputate ligula tellus eu neque. Vivamus eu dolor.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

3.1 INTRODUÇÃO

Sed feugiat. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Ut pellentesque augue sed urna. Vestibulum diam eros, fringilla et, consectetuer eu, nonummy id, sapien. Nullam at lectus. In sagittis ultrices mauris. Curabitur malesuada erat sit amet massa. Fusce blandit. Aliquam erat volutpat. Aliquam euismod. Aenean vel lectus. Nunc imperdiet justo nec dolor.

3.2 ABORDAGENS EXATAS

Mencionando trabalhos. Nesse aspecto, pioneiramente, Kim e Hong (2006) propôs um algoritmo *Branch-and-Bound* (BB). Posteriormente, em (ÜNLÜYURT; AYDIN, 2012), também foi proposto um algoritmo BB. Este algoritmo BB alcançou melhores resultados que o algoritmo BB em (KIM; HONG, 2006).

Adiante, mais formulações matemáticas foram propostas, por exemplo, os trabalhos em (AZARI, 2015; EXPÓSITO-IZQUIERDO; MELIÁN-BATISTA; MORENO-VEGA, 2015; ZEHENDNER et al., 2015; GALLE; BARNHART; JAILLET, 2018). Em particular, os trabalhos em (AZARI, 2015; EXPÓSITO-IZQUIERDO; MELIÁN-BATISTA; MORENO-VEGA, 2015; ZEHENDNER et al., 2015) corrigem e melhoram o modelo matemático de Programação Linear Inteira (PLI) que é retratado em (CASERTA; SCHWARZE; VOSS, 2012). Por fim, Galle, Barnhart e Jaillet (2018) formula um novo modelo PLI com melhores resultados que os três anteriores.

3.3 ABORDAGENS APROXIMADAS

Etiam ac leo a risus tristique nonummy. Donec dignissim tincidunt nulla. Vestibulum rhoncus molestie odio. Sed lobortis, justo et pretium lobortis, mauris turpis condimentum augue, nec ultricies nibh arcu pretium enim. Nunc purus neque, placerat id, imperdiet sed, pellentesque nec, nisl. Vestibulum imperdiet neque non sem accumsan laoreet. In hac habitasse platea dictumst. Etiam condimentum facilisis libero. Suspendisse in elit quis nisl aliquam dapibus. Pellentesque auctor sapien. Sed egestas sapien nec lectus. Pellentesque vel dui vel neque bibendum viverra. Aliquam porttitor nisl nec pede. Proin mattis libero vel turpis. Donec rutrum mauris et libero. Proin euismod porta felis. Nam lobortis, metus quis elementum commodo, nunc lectus elementum mauris, eget vulputate ligula tellus eu neque. Vivamus eu dolor.

3.4 VARIAÇÕES DO DBZ

Nulla mattis luctus nulla. Duis commodo velit at leo. Aliquam vulputate magna et leo. Nam vestibulum ullamcorper leo. Vestibulum condimentum rutrum mauris. Donec id mauris. Morbi molestie justo et pede. Vivamus eget turpis sed nisl cursus tempor. Curabitur mollis sapien condimentum nunc. In wisi nisl, malesuada at, dignissim sit amet, lobortis in, odio. Aenean consequat arcu a ante. Pellentesque porta elit sit amet orci. Etiam at turpis nec elit ultricies imperdiet. Nulla facilisi. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse viverra aliquam risus. Nullam pede justo, molestie nonummy, scelerisque eu, facilisis vel, arcu.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Suspendisse vitae elit. Aliquam arcu neque, ornare in, ullamcorper quis, commodo eu, libero. Fusce sagittis erat at erat tristique mollis. Maecenas sapien libero, molestie et, lobortis in, sodales eget, dui. Morbi ultrices rutrum lorem. Nam elementum ullamcorper leo. Morbi dui. Aliquam sagittis. Nunc placerat. Pellentesque tristique sodales est. Maecenas imperdiet lacinia velit. Cras non urna. Morbi eros pede, suscipit ac, varius vel, egestas non, eros. Praesent malesuada, diam id pretium elementum, eros sem dictum tortor, vel consectetuer odio sem sed wisi.

Sed feugiat. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Ut pellentesque augue sed urna. Vestibulum diam eros, fringilla et, consectetuer eu, nonummy id, sapien. Nullam at lectus. In sagittis ultrices mauris. Curabitur malesuada erat sit amet massa. Fusce blandit. Aliquam erat volutpat. Aliquam euismod. Aenean vel lectus. Nunc imperdiet justo nec dolor.

4 NOVOS MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO PARA O PROBLEMA

4.1 INTRODUÇÃO

Curabitur tellus magna, porttitor a, commodo a, commodo in, tortor. Donec interdum. Praesent scelerisque. Maecenas posuere sodales odio. Vivamus metus lacus, varius quis, imperdiet quis, rhoncus a, turpis. Etiam ligula arcu, elementum a, venenatis quis, sollicitudin sed, metus. Donec nunc pede, tincidunt in, venenatis vitae, faucibus vel, nibh. Pellentesque wisi. Nullam malesuada. Morbi ut tellus ut pede tincidunt porta. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam congue neque id dolor.

4.2 MÉTRICAS E OBJETIVOS DE OTIMIZAÇÃO

A distância percorrida é definida pela função $d(i, j, k, l)$ (Equação 4.1). No entanto, para se obter a função que computa a distância T , i.e., a função $t(i, j, k, l, f)$ (Equação 4.2), é necessário considera mais três percursos.

$$d(i, j, k, l) = \underbrace{|j - \hat{H}|}_{(1)} + \underbrace{|i - k|}_{(2)} + \underbrace{|l - \hat{H}|}_{(3)} \quad (4.1)$$

$$t(f, i, j, k, l) = \underbrace{|f - i|}_{\text{alinhar garra}} + \underbrace{|j - \hat{H}|}_{\text{descer garra}} + \underbrace{|j - \hat{H}|}_{\text{elevar contêiner}} + \underbrace{|i - k|}_{\text{mover contêiner}} + \underbrace{|l - \hat{H}|}_{\text{descer contêiner}} + \underbrace{|l - \hat{H}|}_{\text{subir garra}} \quad (4.2)$$

4.3 MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA

$$b_{ijnt} = \begin{cases} 1, & \text{se o contêiner } n \text{ está na } (i, j) \text{ no período de tempo } t, \\ 0, & \text{caso contrário;} \end{cases}$$

$$x_{ijklfnt} = \begin{cases} 1, & \text{se o contêiner } n \text{ é movido da } (i, j) \text{ para } (k, l) \text{ no período de tempo } t \\ & \text{e a garra do guindaste estava anteriormente na posição horizontal } f, \\ 0, & \text{caso contrário;} \end{cases}$$

As restrições foram elaboradas para este modelo.

(A) AAAA.

$$s_{ijn} \leq b_{ijn1}, \quad i = 1, \dots, W, \quad j = 1, \dots, H, \quad n = 1, \dots, N \quad (4.3)$$

(B) BBBB.

$$\sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^H b_{ijnt} + v_{nt} = 1, \quad n, t = 1, \dots, N \quad (4.4)$$

(C) CCCC.

$$\sum_{n=1}^N b_{ijnt} \leq 1, \quad i = 1, \dots, W, \quad j = 1, \dots, H, \quad t = 1, \dots, N \quad (4.5)$$

(D) DDDD.

$$\sum_{n=1}^N b_{ijnt} \geq \sum_{n=1}^N b_{ij+1nt}, \quad i = 1, \dots, W, \quad j = 1, \dots, H-1, \quad t = 1, \dots, N \quad (4.6)$$

(E) EEEE.

$$b_{ijnt+1} = \left\{ b_{ijnt} + \sum_{k=1}^W \sum_{l=1}^H \sum_{f=1}^{\hat{W}} x_{klifnt} - \sum_{k=1}^{\hat{W}} \sum_{l=1}^{\hat{H}} \sum_{f=1}^{\hat{W}} x_{ijklfnt} \right\},$$

$$i = 1, \dots, W, \quad j = 1, \dots, H, \quad t = 1, \dots, N-1, \quad n = 1, \dots, N \quad (4.7)$$

(F) FFFF.

$$(H-1) \left(1 - \sum_{n=t+1}^N \sum_{f=1}^{\hat{W}} x_{ijklfnt} \right) \geq \sum_{n=t+1}^N \sum_{j'=j+1}^H \sum_{l'=l+1}^H \sum_{f=1}^{\hat{W}} x_{ij'kl'fnt},$$

$$i, k = 1, \dots, W, \quad j = 2, \dots, H, \quad l = 1, \dots, H, \quad t = 1, \dots, N-1 \quad (4.8)$$

(G) GGGG.

$$\bar{M} (1 - b_{ijtt}) \geq \sum_{j'=1}^{j-1} \sum_{k=1}^W \sum_{l=1}^H \sum_{f=1}^{\hat{W}} \sum_{n=1}^N x_{ij'klfnt} + \sum_{\substack{i'=1 \\ i' \neq i}}^{\hat{W}} \sum_{j'=1}^H \sum_{k=1}^W \sum_{l=1}^H \sum_{f=1}^{\hat{W}} \sum_{n=1}^N x_{i'j'klfnt},$$

$$i = 1, \dots, W, \quad j = 1, \dots, H, \quad t = 1, \dots, N \quad (4.9)$$

(H) HHHH.

$$\bar{M} (1 - b_{ijtt}) \geq \sum_{\substack{j'=1 \\ j' \neq j}}^H \sum_{f=1}^{\hat{W}} \sum_{n=1}^N x_{ij'klfnt} + \sum_{\substack{i'=1 \\ i' \neq i}}^{\hat{W}} \sum_{j'=1}^H \sum_{f=1}^{\hat{W}} \sum_{n=1}^N x_{i'j'klfnt},$$

$$i = 1, \dots, W, \quad j = 1, \dots, H, \quad k = \hat{W}, \quad l = \hat{H}, \quad t = 1, \dots, N \quad (4.10)$$

O modelo matemático de Programação Linear Inteira (PLI) proposto para o DBZ é apresentado abaixo.

$$\text{Minimizar} \left(\sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^H \sum_{k=1}^{\hat{W}} \sum_{l=1}^{\hat{H}} \sum_{f=1}^{\hat{W}} \sum_{n=1}^N \sum_{t=1}^N x_{ijklfnt} \times w_{ijklf} \right)$$

$$\text{Sujeito a (Eq. 4.3) - (Eq. (H)).}$$

4.3.1 Computação de Yajirobe

O número de configurações possíveis foi reportado em (KU; ARTHANARI, 2016), por meio da função $P(n, r, m)$ (Equação 4.11).

$$P(n, r, m) = \left[\binom{n+r-1}{r} - \sum_{j=1}^{\lfloor r/(m+1) \rfloor} (-1)^{j+1} \times \binom{n}{j} \times \binom{n+r_{(j)}-1}{r_{(j)}} \right] \times r! \quad (4.11)$$

onde $r_{(j)} = r - j \times (m+1)$, $j = 1, 2, \dots$

4.4 ALGORITMO TENSINHAN

Algoritmo 1: Algoritmo Tenshinhan para solucionar o DBZ

Entrada: *baia*, configuração inicial da baia

Saída: melhor solução encontrada

- 1: $melhorSolucao \leftarrow \emptyset$; $estado \leftarrow baia$
 - 2: **enquanto** critério de parada não for satisfeito **faça**
 - 3: $estado \leftarrow retirarTodos(estado)$
 - 4: $melhordescendente \leftarrow \emptyset$; $melhorcusto \leftarrow$ valor muito grande
 - 5: **para todo** $d \in descendentes(estado)$ **faça**
 - 6: $solucao \leftarrow heuristica(d)$
 - 7: **se** $custo(solucão) < melhorcusto$ **então**
 - 8: $melhordescendente \leftarrow d$
 - 9: $melhorcusto \leftarrow custo(solucão)$
 - 10: **se** $melhorSolucao = \emptyset$ **ou** $melhorcusto < custo(melhorSolucao)$ **então**
 - 11: $melhorSolucao \leftarrow solucao$
 - 12: **fim do se**
 - 13: **fim do se**
 - 14: **fim do para**
 - 15: $estado \leftarrow melhordescendente$
 - 16: **fim do enquanto**
 - 17: **retorne** $melhorSolucao$
-

5 ANÁLISE EXPERIMENTAL

5.1 INTRODUÇÃO

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

5.2 AVALIAÇÕES

A Tabela 2 mostra a comparação entre os dois algoritmos.

Tabela 2 – Resultados computacionais dos algoritmos Vegeta e A*.

| Instâncias por N.º de Contêineres | Resolvidas | Não Resolvidas | Vegeta Tempo (segundos) | A* Tempo (segundos) | Razão entre Tempos |
|---|------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 10 | 4 | 0 | 0,06 | 0,02 | 2,28 |
| 12 | 12 | 0 | 0,11 | 0,05 | 2,03 |
| 14 | 12 | 0 | 0,36 | 0,23 | 1,54 |
| 15 | 12 | 0 | 0,4 | 0,15 | 2,61 |
| 16 | 16 | 0 | 9,36 | 2,27 | 4,12 |
| 17 | 9 | 0 | 3,63 | 1,7 | 2,14 |
| 18 | 17 | 0 | 14,44 | 1,37 | 10,52 |
| 19 | 9 | 1 | 3,94 | 2,08 | 3,75 |
| 20 | 7 | 0 | 20,65 | 12,24 | 1,69 |
| 21 | 23 | 0 | 17,65 | 7,56 | 2,33 |
| 22 | 9 | 0 | 10,5 | 7,56 | 1,39 |
| 24 | 10 | 0 | 22,5 | 13,76 | 1,64 |
| 25 | 5 | 0 | 17,79 | 9,91 | 1,79 |
| 26 | 1 | 0 | 4,34 | 4,09 | 1,06 |
| 28 | 1 | 0 | 1,52 | 0,88 | 1,73 |
| TODAS | 147 | 1 | 9,79 | 4,19 | 2,36 |

A Figura 2 exibe uma imagem no formato pdf.

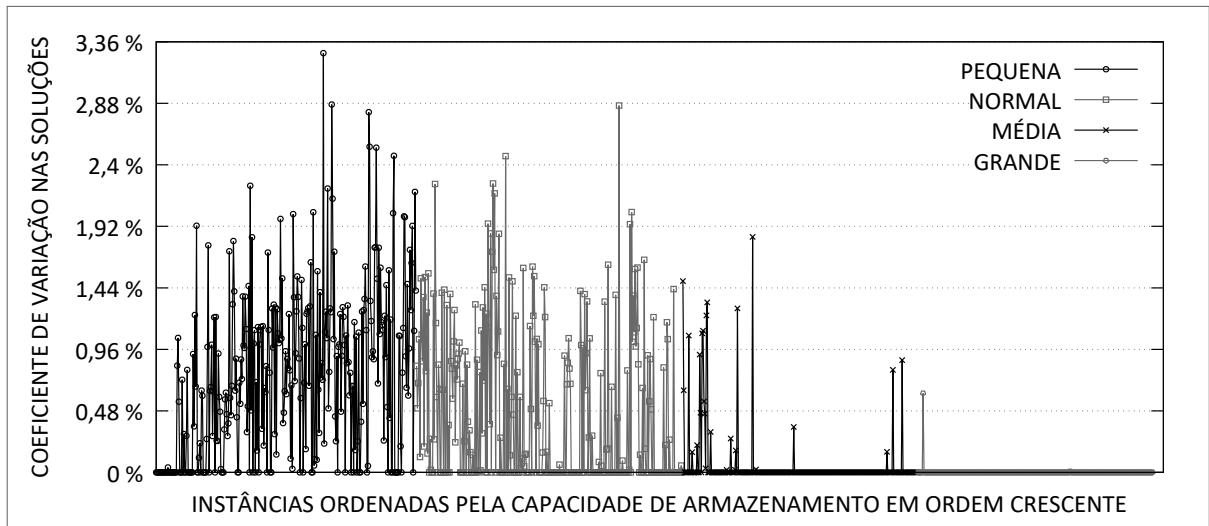


Figura 2 – Coeficiente de variação para as soluções produzidas pelo TENSINHAN.

5.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nulla ac nisl. Nullam urna nulla, ullamcorper in, interdum sit amet, gravida ut, risus. Aenean ac enim. In luctus. Phasellus eu quam vitae turpis viverra pellentesque. Duis feugiat felis ut enim. Phasellus pharetra, sem id porttitor sodales, magna nunc aliquet nibh, nec blandit nisl mauris at pede. Suspendisse risus risus, lobortis eget, semper at, imperdiet sit amet, quam. Quisque scelerisque dapibus nibh. Nam enim. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nunc ut metus. Ut metus justo, auctor at, ultrices eu, sagittis ut, purus. Aliquam aliquam.

6 CONCLUSÃO

Esta seção tem como objetivo apresentar as considerações finais sobre os principais tópicos abordados nesta tese, incluindo as contribuições alcançadas e indicações para trabalhos futuros.

6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Etiam pede massa, dapibus vitae, rhoncus in, placerat posuere, odio. Vestibulum luctus commodo lacus. Morbi lacus dui, tempor sed, euismod eget, condimentum at, tortor. Phasellus aliquet odio ac lacus tempor faucibus. Praesent sed sem. Praesent iaculis. Cras rhoncus tellus sed justo ullamcorper sagittis. Donec quis orci. Sed ut tortor quis tellus euismod tincidunt. Suspendisse congue nisl eu elit. Aliquam tortor diam, tempus id, tristique eget, sodales vel, nulla. Praesent tellus mi, condimentum sed, viverra at, consectetur quis, lectus. In auctor vehicula orci. Sed pede sapien, euismod in, suscipit in, pharetra placerat, metus. Vivamus commodo dui non odio. Donec et felis.

6.2 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES

Curabitur tellus magna, porttitor a, commodo a, commodo in, tortor. Donec interdum. Praesent scelerisque. Maecenas posuere sodales odio. Vivamus metus lacus, varius quis, imperdiet quis, rhoncus a, turpis. Etiam ligula arcu, elementum a, venenatis quis, sollicitudin sed, metus. Donec nunc pede, tincidunt in, venenatis vitae, faucibus vel, nibh. Pellentesque wisi. Nullam malesuada. Morbi ut tellus ut pede tincidunt porta. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam congue neque id dolor.

6.3 TRABALHOS FUTUROS

Para dar continuidade ao trabalho de pesquisa descrito nesta tese, lista-se, nesta seção, propostas de trabalhos futuros a serem realizadas.

REFERÊNCIAS

- AZARI, E. Notes on "a mathematical formulation and complexity considerations for the blocks relocation problem". *Scientia Iranica*, v. 22, n. 6, p. 2722–2728, 2015.
- CASERTA, M.; SCHWARZE, S.; VOSS, S. A mathematical formulation and complexity considerations for the blocks relocation problem. *Eur. J. Oper. Res.*, v. 219, n. 1, p. 96–104, 5 2012. ISSN 03772217.
- EXPÓSITO-IZQUIERDO, C.; MELIÁN-BATISTA, B.; MORENO-VEGA, J. M. An exact approach for the blocks relocation problem. *Expert Syst. Appl.*, v. 42, n. 17–18, p. 6408–6422, 2015. ISSN 0957-4174.
- GALLE, V.; BARNHART, C.; JAILLET, P. A new binary formulation of the restricted container relocation problem based on a binary encoding of configurations. *Eur. J. Oper. Res.*, v. 267, p. 467–477, 2018. ISSN 03772217.
- HART, P. E.; NILSSON, N. J.; RAPHAEL, B. A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths. *IEEE Trans. on Systems Science and Cybernetics*, v. 4, n. 2, p. 61, 1968. ISSN 0536-1567.
- KIM, K. H.; HONG, G.-P. A heuristic rule for relocating blocks. *Comput. Oper. Res.*, v. 33, n. 4, p. 940–954, 4 2006. ISSN 03050548.
- KU, D.; ARTHANARI, T. S. On the abstraction method for the container relocation problem. *Comput. Oper. Res.*, v. 68, p. 110–122, 2016. ISSN 03050548.
- MURTY, K. G.; LIU, J.; WAN, Y.-w.; LINN, R. A decision support system for operations in a container terminal. *Decis. Support Syst.*, v. 39, n. 3, p. 309–332, 5 2005. ISSN 01679236.
- PRAIS, M.; RIBEIRO, C. C. Reactive grasp: An application to a matrix decomposition problem in tdma traffic assignment. *INFORMS Journal on Computing*, v. 12, n. 3, p. 164–176, 2000.
- ÜNLÜYURT, T.; AYDIN, C. Improved rehandling strategies for the container retrieval process. *J. Adv. Transp.*, v. 46, n. 4, p. 378–393, 10 2012. ISSN 2042-3195.
- VOß, S.; FINK, A.; DUIN, C. Looking ahead with the pilot method. *Annals of Oper. Res.*, v. 136, n. 1, p. 285–302, Apr 2005. ISSN 1572-9338.
- WU, K.-C.; TING, C.-J. A beam search algorithm for minimizing reshuffle operations at container yards. In: *International Conference on Logistics and Maritime Systems*. [S.l.: s.n.], 2010. p. 15–17.
- WU, K.-C.; TING, C.-J. Heuristic approaches for minimizing reshuffle operations at container yard. In: KACHITVICHYANUKUL, H. L. V.; PITAKASO, R. (Ed.). *Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 1407–1415.

ZEHENDNER, E.; CASERTA, M.; FEILLET, D.; SCHWARZE, S.; VOSS, S. An improved mathematical formulation for the blocks relocation problem. *Eur. J. Oper. Res.*, v. 245, n. 2, p. 415–422, 2015. ISSN 03772217.

ZHANG, C. *Resource Planning in Container Storage Yard*. Tese (Doutorado) — Hong Kong University of Science and Technology, 2000.