Balanceamento de linhas de produção
com trabalhadores deficientes e
máquinas paralelas

Felipe Francisco Bezerra Araújo

SERVIÇO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO ICMC-USP

Data de Depósito: 23/05/2011

Assinatura:_____

Balanceamento de linhas de produção com trabalhadores deficientes e máquinas paralelas

Felipe Francisco Bezerra Araújo

Orientador: *Prof. Dr. Alysson Machado Costa*

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC-USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências - Ciências de Computação e Matemática Computacional. *VERSÃO REVISADA.*

USP – São Carlos
Maio/2011

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Achille Bassi
e Seção Técnica de Informática, ICMC/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A658b Araújo, Felipe Francisco Bezerra
Balanceamento de linhas de produção com
trabalhadores deficientes e máquinas paralelas /
Felipe Francisco Bezerra Araújo; orientador Alysson
Machado Costa -- São Carlos, 2011.
123 p.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em
Ciências de Computação e Matemática Computacional) --
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação,
Universidade de São Paulo, 2011.

1. Linhas de produção. 2. Máquinas paralelas. 3.
Formulação. 4. Programação matemática. I. Costa,
Alysson Machado, orient. II. Título.

Agradecimentos

Ao Prof. Alysson, orientador desta dissertação, cujo apoio, competência e exigência permitiram a conclusão deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Reinaldo Morabito e à Profa. Dra. Franklina Maria Bragion de Toledo, que participaram da banca de meu exame de qualificação, na qual propuseram ótimas ideias que foram de grande ajuda para este trabalho.

Aos membros do Laboratório de Otimização (LOt), pela disposição em ajudar sempre que possível.

Aos meus familiares que sempre me apoiaram e mesmo à distância continuam me dando apoio.

Aos meus amigos, que sempre estiveram presentes nos momentos felizes e nas horas difíceis.

Ao CNPq e à FAPESP, financiadores desta pesquisa através dos processos 561672/2008-3 (CNPq), 2009/02894-3 e 2009/07812-5 (FAPESP).

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Resumo

O problema de balanceamento de linhas de produção e designação de trabalhadores (ALWABP, do inglês *Assembly Line Worker Assignment and Balancing Problem*) é uma extensão do problema simples de balanceamento de linhas na qual os tempos de execução de tarefas são dependentes dos trabalhadores. Este problema tem sua motivação prática oriunda de linhas de produção com trabalhadores deficientes. Neste trabalho, focamos em uma extensão para o problema que permite lidar com a possibilidade de *layouts* de linhas com estações em paralelo. Além disso, estudamos uma segunda variante do problema que permite que os trabalhadores colaborem uns com os outros em uma mesma estação. Apresentamos formulações matemáticas para ambas as versões do problema. Adicionalmente, a partir de adaptações de métodos existentes para o ALWABP serial, desenvolvemos heurísticas construtivas para o ALWABP paralelo e ALWABP colaborativo. Testes computacionais em instâncias da literatura e uma análise detalhada dos resultados são apresentados.

Palavras-chave: *Linhas de produção, máquinas paralelas, formulação, programação matemática*

Abstract

The assembly line and worker assignment balancing problem is an extension of the classical simple assembly line balancing problem where task execution times are worker-dependent. This problem is motivated by the situation faced when balancing assembly lines with disabled workers. In this study, we focus on an extension for the problem with the goal of including the possibility of having layouts with parallel workstations. We also study a second variation for this problem that allows workers collaborating with each other. We present mathematical formulations for both problems. Moreover, constructive heuristics are developed, based on heuristic methods for the serial assembly line worker assignment and balancing problem. Computational tests on literature instances and a detailed analysis of the results are reported.

Keywords: *Assembly lines, parallel workstations, linear formulation, mathematical programming*

Sumário

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Índice de Siglas	p. 19
1 Introdução	p. 1
2 Descrição dos problemas	p. 5
2.1 SALBP	p. 6
2.2 ALWABP	p. 7
2.3 ALWABP com estações em paralelo	p. 9
2.4 ALWABP colaborativo	p. 13
3 Revisão Bibliográfica	p. 15
4 Formulações Matemáticas	p. 19
4.1 Formulação para o SALBP	p. 19
4.2 Formulação para o ALWABP	p. 20
4.3 Formulação para o ALBP com estações em paralelo	p. 22
4.4 Formulação para o ALWABP com estações em paralelo	p. 23
4.5 Formulação para o ALWABP colaborativo	p. 27
5 Heurística Construtiva	p. 29
5.1 Heurística para o SALBP-2	p. 29

5.2	Heurística para o ALWABP	p.31
5.3	Heurística para o ALWABP com estações em paralelo	p.33
5.3.1	Adaptação do custo de adição de uma tarefa	p.35
5.3.2	Adaptação das regras de seleção de trabalhadores	p.36
5.3.3	Modificações na heurística	p.37
5.4	Heurística para o ALWABP colaborativo	p.38
5.4.1	Modificações na heurística	p.38
6	Testes Computacionais	p.39
6.1	Testes com os modelos	p.40
6.2	Testes com as heurísticas construtivas	p.44
6.2.1	Heurística para o ALWABP com estações em paralelo	p.44
6.2.1.1	Testes com as heurísticas modificadas	p.46
6.2.2	Heurística para o ALWABP colaborativo	p.46
6.2.2.1	Testes com as heurísticas modificadas	p.47
6.2.3	Comentários gerais sobre os resultados	p.48
7	Conclusões e Passos futuros	p.51
7.1	Trabalhos futuros	p.52
	Referências Bibliográficas	p.55
	Apêndice A – Resultados detalhados dos testes computacionais	p.59
A.1	Heurística para o ALWABP com estações em paralelo	p.59
A.1.1	Testes com as heurísticas modificadas	p.69
A.2	Heurística para o ALWABP colaborativo	p.92
A.2.1	Testes com as heurísticas modificadas	p.102

Lista de Figuras

1	Exemplo de Grafo de Precedência	p. 5
2	Exemplo de Solução para o SALBP	p. 7
3	Exemplo de Solução para o ALWABP	p. 8
4	Exemplo de Solução para o ALBP utilizando estações paralelas	p. 10
5	Exemplo de Solução para o ALWABP utilizando estações paralelas	p. 11
6	Exemplo de execução para o ALWABP com estações em paralelo	p. 13
7	Exemplo de Solução para o ALWABP colaborativo	p. 14

Lista de Tabelas

1	Tempos de execução das tarefas para o SALBP	p. 6
2	Tempos de execução das tarefas para o ALWABP	p. 8
3	Resultados para a família Heskia	p. 41
4	Resultados para a família Roszieg	p. 42
5	Resultados para a família Heskia mod 1	p. 42
6	Resultados para a família Roszieg mod 1	p. 42
7	Resultados para a família Roszieg mod 2	p. 42
8	Resultados para a família Heskia mod 2	p. 42
9	Características das instâncias	p. 44
10	Resultados dos testes com a heurística para o ALWABP com estações em paralelo utilizando $K_{Max} = 2$	p. 45
11	Resultados dos testes com a heurística para o ALWABP com estações em paralelo utilizando $K_{Max} = 3$	p. 45
12	Resultados dos testes com as heurísticas modificadas para o ALWABP com estações em paralelo utilizando $K_{Max} = 2$	p. 46
13	Resultados dos testes com as heurísticas modificadas para o ALWABP com estações em paralelo utilizando $K_{Max} = 3$	p. 46
14	Resultados dos testes com a heurística para o ALWABP colaborativo utilizando $K_{Max} = 2$	p. 47
15	Resultados dos testes com a heurística para o ALWABP colaborativo utilizando $K_{Max} = 3$	p. 47
16	Resultados dos testes com as heurísticas modificadas para o ALWABP colaborativo utilizando $K_{Max} = 2$	p. 48

17	Resultados dos testes com as heurísticas modificadas para o ALWABP colaborativo utilizando $K_{Max} = 3$	p. 48
18	Resultados da heurística para o ALWABP com estações em paralelo para a família Roszieg	p. 60
19	Resultados da heurística para o ALWABP com estações em paralelo para a família Heskia	p. 61
20	Resultados da heurística para o ALWABP com estações em paralelo para a família Tonge	p. 62
21	Resultados da heurística para o ALWABP com estações em paralelo para a família Wee-mag	p. 63
22	Resultados da heurística para o ALWABP com estações em paralelo para a família Roszieg mod 1	p. 64
23	Resultados da heurística para o ALWABP com estações em paralelo para a família Roszieg mod 2	p. 65
24	Resultados da heurística para o ALWABP com estações em paralelo para a família Heskia mod 1	p. 66
25	Resultados da heurística para o ALWABP com estações em paralelo para a família Heskia mod 2	p. 67
26	Resultados da heurística P1 para a família Roszieg	p. 70
27	Resultados da heurística P2 para a família Roszieg	p. 70
28	Resultados da heurística PS para a família Roszieg	p. 71
29	Resultados da heurística PW para a família Roszieg	p. 71
30	Resultados da heurística P1 para a família Heskia	p. 73
31	Resultados da heurística P2 para a família Heskia	p. 73
32	Resultados da heurística PS para a família Heskia	p. 74
33	Resultados da heurística PW para a família Heskia	p. 74
34	Resultados da heurística P1 para a família Tonge	p. 76
35	Resultados da heurística P2 para a família Tonge	p. 76
36	Resultados da heurística PS para a família Tonge	p. 77

37	Resultados da heurística PW para a família Tonge	p. 77
38	Resultados da heurística P1 para a família Wee-mag	p. 79
39	Resultados da heurística P2 para a família Wee-mag	p. 79
40	Resultados da heurística PS para a família Wee-mag	p. 80
41	Resultados da heurística PW para a família Wee-mag	p. 80
42	Resultados da heurística P1 para a família Roszieg mod 1	p. 82
43	Resultados da heurística P2 para a família Roszieg mod 1	p. 82
44	Resultados da heurística PS para a família Roszieg mod 1	p. 83
45	Resultados da heurística PW para a família Roszieg mod 1	p. 83
46	Resultados da heurística P1 para a família Roszieg mod 2	p. 85
47	Resultados da heurística P2 para a família Roszieg mod 2	p. 85
48	Resultados da heurística PS para a família Roszieg mod 2	p. 86
49	Resultados da heurística PW para a família Roszieg mod 2	p. 86
50	Resultados da heurística P1 para a família Heskia mod 1	p. 87
51	Resultados da heurística P2 para a família Heskia mod 1	p. 87
52	Resultados da heurística PS para a família Heskia mod 1	p. 88
53	Resultados da heurística PW para a família Heskia mod 1	p. 88
54	Resultados da heurística P1 para a família Heskia mod 2	p. 90
55	Resultados da heurística P2 para a família Heskia mod 2	p. 90
56	Resultados da heurística PS para a família Heskia mod 2	p. 91
57	Resultados da heurística PW para a família Heskia mod 2	p. 91
58	Resultados da heurística para o ALWABP colaborativo para a família Roszieg	p. 93
59	Resultados da heurística para o ALWABP colaborativo para a família Heskia	p. 94
60	Resultados da heurística para o ALWABP colaborativo para a família Tonge	p. 95

61	Resultados da heurística para o ALWABP colaborativo para a família Wee-mag	p.96
62	Resultados da heurística para o ALWABP colaborativo para a família Roszieg mod 1	p.97
63	Resultados da heurística para o ALWABP colaborativo para a família Roszieg mod 2	p.98
64	Resultados da heurística para o ALWABP colaborativo para a família Heskia mod 1	p.99
65	Resultados da heurística para o ALWABP colaborativo para a família Heskia mod 2	p.100
66	Resultados da heurística C1 para a família Roszieg	p.103
67	Resultados da heurística C2 para a família Roszieg	p.103
68	Resultados da heurística CS para a família Roszieg	p.104
69	Resultados da heurística CW para a família Roszieg	p.104
70	Resultados da heurística C1 para a família Heskia	p.106
71	Resultados da heurística C2 para a família Heskia	p.106
72	Resultados da heurística CS para a família Heskia	p.107
73	Resultados da heurística CW para a família Heskia	p.107
74	Resultados da heurística C1 para a família Tonge	p.108
75	Resultados da heurística C2 para a família Tonge	p.108
76	Resultados da heurística CS para a família Tonge	p.109
77	Resultados da heurística CW para a família Tonge	p.109
78	Resultados da heurística C1 para a família Wee-mag	p.111
79	Resultados da heurística C2 para a família Wee-mag	p.111
80	Resultados da heurística CS para a família Wee-mag	p.112
81	Resultados da heurística CW para a família Wee-mag	p.112
82	Resultados da heurística C1 para a família Roszieg mod 1	p.113
83	Resultados da heurística C2 para a família Roszieg mod 1	p.113

84	Resultados da heurística CS para a família Roszieg mod 1	p.114
85	Resultados da heurística CW para a família Roszieg mod 1	p.114
86	Resultados da heurística C1 para a família Roszieg Mod 2	p.116
87	Resultados da heurística C2 para a família Roszieg Mod 2	p.116
88	Resultados da heurística CS para a família Roszieg Mod 2	p.117
89	Resultados da heurística CW para a família Roszieg Mod 2	p.117
90	Resultados da heurística C1 para a família Heskia Mod 1	p.119
91	Resultados da heurística C2 para a família Heskia Mod 1	p.119
92	Resultados da heurística CS para a família Heskia Mod 1	p.120
93	Resultados da heurística CW para a família Heskia Mod 1	p.120
94	Resultados da heurística C1 para a família Heskia Mod 2	p.122
95	Resultados da heurística C2 para a família Heskia Mod 2	p.122
96	Resultados da heurística CS para a família Heskia Mod 2	p.123
97	Resultados da heurística CW para a família Heskia Mod 2	p.123

Índice de Siglas

- CTD - centro de trabalho para deficientes
- ALWABP - problema de balanceamento e designação de trabalhadores (do inglês *assembly line worker assignment and balancing problem*)
- ALBP - problema de balanceamento de linhas de produção (do inglês *assembly line balancing problem*)
- SALBP - problema simples de balanceamento de linhas de produção (do inglês *simple assembly line balancing problem*)
- GALBP - problema geral de balanceamento de linhas de produção (do inglês *general assembly line balancing problem*)
- MALBP - problema de balanceamento de linhas de produção multi-modelo (do inglês *mixed-model assembly line balancing problem*)

1 *Introdução*

A Organização Mundial de Saúde estima que 650 milhões de pessoas no mundo possuem algum tipo de deficiência. Segundo o Censo Demográfico 2000, no Brasil este número chega a 24,5 milhões de pessoas, o que corresponde a cerca de 14,5% da população brasileira. Destes, apenas 537 mil estão no mercado formal de trabalho, representando 2,05% do total de empregados ^[1].

Simonelli et al. ^[2] e Simonelli ^[3] analisam as políticas e práticas de inclusão de pessoas portadoras de deficiência no mercado de trabalho brasileiro. Uma das constatações interessantes destes estudos foi o fato da grande maioria de vagas existentes para trabalhadores portadores de deficiências se encontrarem em contextos produtivos. Esta conclusão é condizente com a iniciativa de diversos países com altos índices de desenvolvimento humano tais como Espanha, Inglaterra e Japão, que promovem a manutenção de Centros de Trabalho para Deficientes (CTD's) com linhas produtivas.

CTD's são organizações que oferecem emprego para trabalhadores deficientes, muitas vezes em linhas de montagem terceirizadas de grandes empresas. Assim como qualquer outra empresa, os CTD's precisam competir com o mercado, com a diferença de que são organizações sem fins lucrativos. Desta forma, potenciais lucros que poderiam ser obtidos podem ser convertidos em mais empregos.

Miralles et al. ^[4] identificaram as seguintes características em CTD's:

- Os tempos de execução de cada tarefa costumam ser bastante diferentes entre os trabalhadores.
- Em muitos casos, alguns trabalhadores não conseguem executar certas tarefas.
- Por motivos terapêuticos, algumas designações de tarefas para determinados trabalhadores devem ser consideradas *a priori*.
- Não é possível dividir os trabalhadores em lentos e rápidos. Um trabalhador pode

ser muito lento em certas tarefas, ou mesmo incapaz de executá-las, mas muito eficiente em outras.

- Algumas deficiências requerem a designação destes trabalhadores a determinadas posições (estágios) da linha. Por exemplo, trabalhadores com deficiência auditiva trabalham melhor na primeira ou última estação, uma vez que as estações intermediárias requerem um nível maior de coordenação e comunicação.
- O objetivo principal dos CTD's é incentivar o desenvolvimento das capacidades dos trabalhadores deficientes, buscando integrá-los, assim que possível, ao mercado de trabalho. Logo, é comum que vários trabalhadores deixem o CTD ao alcançar níveis satisfatórios de produtividade e passem a trabalhar em empresas convencionais.
- Trabalhadores deficientes costumam ter mais problemas de saúde e, portanto, costumam faltar com mais frequência ao trabalho.
- Além disso, acompanhamento psicológico é essencial em um CTD.

Estes três últimos itens fazem com que a linha de montagem tenha que ser constantemente replanejada, pois resultam em constantes ausências ou mudanças de trabalhadores

Neste trabalho propomos dois modelos matemáticos para o *problema de balanceamento e designação de trabalhadores em linhas de produção* (ALWABP, do inglês *Assembly Line Worker Assignment and Balancing Problem*), estendendo o modelo introduzido por Miralles et al. ^[4]. O primeiro modelo permite o projeto de linhas com estações de trabalho em paralelo, indicando que trabalhadores diferentes executam o mesmo conjunto de tarefas em produtos diferentes. O segundo modela a situação em que dois trabalhadores podem atuar colaborativamente no mesmo produto.

As duas extensões propostas proporcionam uma maior flexibilidade para o problema. Com isto, podemos encontrar soluções mais eficientes (em termos de produtividade) do que aquelas que conseguimos com o modelo serial. Além disso, o ALWABP com estações em paralelo tem a vantagem adicional de permitir tarefas cujo tempo de execução seja maior que o tempo de ciclo. O uso de paralelismo permite também um maior aproveitamento de cada estágio, que pode executar mais tarefas sem prejudicar o desempenho da linha de produção. Já o ALWABP colaborativo possui a vantagem de não exigir que um trabalhador execute todas as tarefas alocadas a um estágio. Isto permite que os trabalhadores executem combinações de tarefas que eles não seriam capazes de executar no ALWABP serial ou com estações em paralelo.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: no Capítulo 2 são descritos o problema simples de balanceamento de linhas de produção (SALBP, do inglês *Simple Assembly Line Balancing Problem*), bem como as modificações necessárias em ambos os problemas para a utilização das duas extensões propostas. No Capítulo 3 apresentamos uma revisão bibliográfica para o problema. No Capítulo 4, são apresentadas uma formulação para o ALWABP, uma formulação para o problema de balanceamento de linhas de produção (ALBP, do inglês, *Assembly Line Balancing Problem*) que utiliza estações paralelas e as duas formulações desenvolvidas - para o ALWABP com estações paralelas e para o ALWABP colaborativo. No Capítulo 5 descrevemos duas heurísticas construtivas, adaptadas daquela descrita por Moreira et al. ^[5], para os dois problemas tratados nesse trabalho. No Capítulo 6 apresentamos os resultados obtidos com testes realizados. Por fim, o capítulo 7 apresenta algumas conclusões, bem como propostas de trabalhos futuros.

2 *Descrição dos problemas*

Uma linha de montagem é constituída de um conjunto finito e conhecido de tarefas e um conjunto de estações de trabalho nas quais estas tarefas devem ser executadas. Cada tarefa possui um tempo de processamento e um conjunto de relações de precedência. As relações de precedência entre as tarefas podem ser representadas por um grafo de precedência. Os nós do grafo representam as tarefas e os arcos representam as relações de precedência. Um arco partindo de um nó 1 para um nó 2 indica que a tarefa 2 só pode ser executada depois que a tarefa 1 for concluída. A Figura 1 mostra um exemplo de grafo de precedência.

Figura 1: Exemplo de Grafo de Precedência

Para que um produto seja completado todas as tarefas referentes à montagem daquele produto devem ser realizadas. Assim, em uma linha de montagem, o processo de fabricação do produto é dividido em diversos estágios. Em cada estágio um subconjunto das tarefas necessárias para a fabricação deste produto é realizado. Em linhas seriais, cada estágio corresponde a uma estação de trabalho. A velocidade da linha é limitada pela velocidade do estágio mais lento. Logo, definimos o tempo de ciclo da linha de montagem como o tempo de execução do estágio mais carregado. O tempo de execução de uma estação corresponde à soma dos tempos de execução das tarefas alocadas a esta estação. Desta forma, o tempo de ciclo é uma medida da velocidade de produção da linha.

O problema de balanceamento de linhas de produção (ALBP, do inglês *assembly line balancing problem*) consiste em alocar as estações de trabalho de modo a otimizar certa característica do problema. Caso desejemos minimizar o número de estações dado um

determinado tempo de ciclo, temos o ALBP-1. Caso o número de estações seja fixo e desejemos minimizar o tempo de ciclo, temos o ALBP-2. Se desejemos minimizar o produto entre o número de estações e o tempo de ciclo, temos o ALBP-E. Por fim, se tanto o tempo de ciclo quanto o número de estações são fixos e desejamos saber se existe uma solução viável para o problema, temos o ALBP-F.

Nesta seção, apresentamos dois problemas de balanceamento de linhas de produção: o clássico SALBP e o recente ALWABP, nosso problema em estudo. Também analisamos como a introdução de layouts com máquinas paralelas pode afetar ambos os problemas. Além disso analisamos também uma nova variante do ALWABP, denominada ALWABP colaborativo.

2.1 SALBP

O SALBP corresponde à versão mais simplificada do ALBP. No SALBP os tempos de execução das tarefas são fixos, conhecidos e independentes da estação de trabalho escolhida. Cada tarefa deve ser alocada a exatamente um estágio e cada estágio pode ter uma ou mais tarefas. Cada estágio contém uma estação de trabalho, na qual são executadas as tarefas a ele atribuídas. Além disso, supomos que a linha de produção é ritmada, isto é, o produto fica disponível durante a mesma quantidade de tempo em cada estágio da linha.

A Figura 2 mostra uma possível solução para o SALBP, utilizando o grafo de precedência da Figura 1 e os tempos de execução da tabela 1. T_1 , T_2 , T_3 e T_4 representam quatro estágios da linha de montagem, nesta ordem.

Tabela 1: Tempos de execução das tarefas para o SALBP

Tarefas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tempos(s)	4	3	9	5	9	4	8	7	5	1

Nesta solução, temos 4 estações, cada uma com um trabalhador. Os tempos de execução obtidos em cada estação foram, respectivamente, 16s, 14s, 12s e 13s. O tempo de ciclo desta configuração é de 16s, ou seja, o tempo do estágio mais lento. Assim, a cada 16s, temos uma unidade completa produzida.

À medida em que modificamos as especificações do SALBP obtemos novos problemas, capazes de se adequar melhor a diferentes casos práticos. Becker e Scholl^[6] destacam as seguintes variações para o problema:

Figura 2: Exemplo de Solução para o SALBP

- Quanto ao número de modelos produzidos: modelo único, multi-modelos
- Quanto à forma de controle da linha: ritmada, arritmada síncrona e arritmada assíncrona
- Quanto ao nível de automação: linhas manuais e linhas automatizadas
- Quanto à frequência: instalação e reconfiguração
- Quanto ao formato da linha: serial, em U, múltiplos Us (n-U)
- Quanto ao uso de paralelismo: sem paralelismo, paralelismo de linhas, estações, tarefas e áreas de trabalho
- Quanto aos tempos das tarefas: fixos, estocásticos e dependentes da estação
- Outras configurações adicionais: uso de *buffers*, *feeders*, mudanças no posicionamento de equipamento, posicionamento e dimensionamento de material, entre outros

Neste projeto nos interessamos pela variação do SALBP em que os tempos das tarefas dependem do trabalhador ao qual elas são alocadas. Este problema, conhecido na literatura como ALWABP, é descrito na seção seguinte.

2.2 ALWABP

Em CTD's o tempo de execução de cada tarefa, apesar de ser conhecido, pode ser diferente dependendo do trabalhador escolhido. Não é possível, entretanto, categorizar os trabalhadores em lentos e rápidos. Um trabalhador pode ser muito lento em uma tarefa, mas ser muito eficiente em outra. Além disso, dependendo das deficiências que o trabalhador possui, podem existir tarefas que o mesmo não é capaz de executar.

O SALBP não modela adequadamente esta situação. Em vista disto, Miralles et al. ^[4] propuseram o ALWABP, uma extensão do SALBP capaz de lidar com diferentes tempos de execução para uma mesma tarefa, de acordo com o trabalhador escolhido. Desta forma, além de determinar quais tarefas devem ser executadas em cada estágio, devemos também determinar qual trabalhador deverá executar estas tarefas.

Da mesma forma que o ALBP, o ALWABP pode ser categorizado em ALWABP-1, ALWABP-2, ALWABP-E, de acordo com a função objetivo a otimizar, ou ALWABP-F, se o problema consiste em verificar a existência de uma solução viável dados um tempo de ciclo e um número de estações. Em CTD's, desejamos maximizar a eficiência da linha de produção empregando todos os trabalhadores disponíveis. Portanto, este trabalho se interessa, em particular, pelo ALWABP-2.

A figura 3 mostra uma possível solução para o ALWABP, utilizando o grafo de precedência da figura 1 e os tempos de execução da tabela 2, em que W_1 , W_2 , W_3 e W_4 representam quatro trabalhadores.

Tabela 2: Tempos de execução das tarefas para o ALWABP

Tarefas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tempos(s)	W_1	4	3	9	5	9	4	8	7	5	1
	W_2	-	1	2	3	4	4	-	4	2	1
	W_3	4	3	9	5	2	2	5	3	2	2
	W_4	4	1	5	1	2	3	4	2	-	1

Neste exemplo, ao contrário do anterior, os tempos das tarefas podem variar de acordo com o trabalhador que a executa. A tarefa 3, por exemplo, é executada em 9s pelos trabalhadores W_1 e W_3 , 2s pelo trabalhador W_2 e em 5s pelo trabalhador W_4 . Além disto, o trabalhador W_2 não pode executar as tarefas 1 e 7, enquanto que o trabalhador W_4 não pode executar a tarefa 9.

Figura 3: Exemplo de Solução para o ALWABP

Nesta figura temos uma configuração com quatro estágios, em que a cada estágio está

alocado um trabalhador. No primeiro estágio está alocado o trabalhador W_4 , cuja carga alocada é de 10s. No segundo, o trabalhador W_2 , que executa as tarefas 4 e 5 em 7s. O trabalhador W_1 está alocado no terceiro estágio, com tempo de execução de 12s. No último estágio temos o trabalhador W_3 , com tempo de execução de 7s. O tempo de ciclo da linha é, portanto, de 12s.

Diferente do caso anterior, trocar dois trabalhadores de lugar pode alterar totalmente a solução. Por exemplo, se fizermos o trabalhador W_2 ir para o primeiro estágio e o trabalhador W_4 para o segundo, esta solução se torna inviável, pois o trabalhador W_2 não pode executar a tarefa 1.

2.3 ALWABP com estações em paralelo

Nos casos anteriores, cada estágio possui apenas uma estação de trabalho. O uso de estações paralelas permite que o conjunto de tarefas alocado a um estágio seja executado em duas ou mais estações de trabalho. Isto resulta em uma maior flexibilidade da linha de produção, o que pode melhorar consideravelmente sua eficiência.

Uma das vantagens de se utilizar paralelismo é que ele permite tarefas com tempo de execução maiores que o tempo de ciclo. No modelo serial, se uma tarefa tem tempo de execução muito grande, o estágio à qual esta for alocado pode ter um tempo de execução muito maior que os demais. No modelo paralelo, isto pode ser evitado, bastando adicionar mais estações àquele estágio. Isto é especialmente interessante no caso do ALWABP, uma vez que permite que trabalhadores executem tarefas para os quais não são muito eficientes, possibilitando uma maior variedade de configurações da linha de montagem.

O uso de paralelismo permite também um maior aproveitamento de cada estágio. No modelo serial, a adição de muitas tarefas a um mesmo estágio pode prejudicar o tempo de ciclo. No modelo paralelo, no entanto, a adição de mais estações de trabalho a este estágio reduz o tempo total de execução. Assim, temos um maior número de tarefas executando em um estágio sem redução da taxa de produção.

Em contrapartida, a execução das mesmas tarefas em várias estações aumenta o custo total dos equipamentos a serem adquiridos, uma vez que o equipamento necessário para a execução de uma dada tarefa deverá ser replicado em cada estação de trabalho pertencente ao estágio onde a tarefa se encontra alocada. Além disso, o espaço disponível no local de trabalho pode restringir o número máximo de estações em paralelo.

A taxa de execução de um estágio é dada pela soma das taxas de execução das estações que o compõem. Logo, o tempo de ciclo de um estágio corresponde ao inverso da soma dos inversos dos tempos de execução de cada estação. Para o ALBP, uma vez que as estações são idênticas, este cálculo pode ser efetuado de uma maneira mais simples, bastando dividir o tempo total das tarefas pelo número de estações neste estágio. Por exemplo, se uma máquina executa um conjunto de tarefas em 60 segundos, ou seja, o conjunto de tarefas é completado uma vez a cada minuto, três máquinas similares executarão o mesmo conjunto de tarefas, em média, três vezes por minuto, o que equivale a um tempo de ciclo de 20 segundos.

A figura 4 mostra uma solução para o ALBP com estações paralelas, utilizando o grafo de precedência da figura 1 os tempos de execução da tabela 1.

Figura 4: Exemplo de Solução para o ALBP utilizando estações paralelas

Nesta solução, temos dois estágios, cada um com dois trabalhadores. Para facilitar a visualização, as relações de precedência entre os estágios foi representada por cópias das tarefas 4, 5, 6 e 8. Cada um dos dois trabalhadores do primeiro estágio executa as tarefas em 30s. Desta forma, trabalhando juntos, eles executam estas mesmas tarefas, em média, a cada 15s. Da mesma forma, os dois trabalhadores do segundo estágio executariam suas tarefas em 25s, mas trabalhando juntos equivalem a um único trabalhador executando estas tarefas em 12,5s.

Observe que podemos efetivamente produzir um produto a cada 15 segundos se in-

trouzermos um atraso em um dos trabalhadores do primeiro estágio. Se o primeiro trabalhador iniciar sua produção no tempo 0 e o segundo trabalhador esperar 15 segundos para iniciar a sua produção, teremos um produto finalizado a cada 15 segundos. De fato, isto pode ser extendido para qualquer estágio em que o tempo total das tarefas é T e que possui n trabalhadores. Se fizermos o primeiro trabalhador iniciar sua produção normalmente e, para cada trabalhador subsequente, esperarmos $\frac{T}{n}$ para iniciarmos a produção, conseguiremos organizar o estágio de tal forma que não seja necessário o uso de *buffers*.

No ALWABP, uma vez que os tempos das tarefas podem variar dependendo do trabalhador que as executa, o cálculo do tempo de ciclo torna-se mais complexo. Se um trabalhador executa um conjunto de tarefas em 40 segundos (1,5 vezes por minuto) e outro executa as mesmas tarefas em 60 segundos (1 vez por minuto), trabalhando em paralelo estes dois trabalhadores executariam estas tarefas, em média, 2,5 vezes por minuto, o que corresponde a um tempo de ciclo de 24 segundos.

A figura 5 mostra uma solução para o ALWABP com estações paralelas, utilizando o grafo de precedência da figura 1 os tempos de execução da tabela 2.

Figura 5: Exemplo de Solução para o ALWABP utilizando estações paralelas

Nesta solução, o trabalhador W_4 está no primeiro estágio, os trabalhadores W_2 e W_3 estão juntos no segundo estágio e o trabalhador W_1 está no último estágio. O trabalhador W_2 executa as tarefas 4, 5, 6, 8 e 9 em 17s, enquanto que o trabalhador W_3 executa estas mesmas tarefas em 14s. Trabalhando em paralelo, o tempo de execução destes dois trabalhadores é de $\frac{1}{\frac{1}{17} + \frac{1}{14}} = 7,6s$. Com isto, conseguimos um tempo de ciclo de 10s para esta configuração da linha de produção.

Sejam $t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_n$ os tempos de execução de n trabalhadores para um mesmo

conjunto de tarefas, o tempo de execução T destes trabalhadores em paralelo é dado por

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} + \dots + \frac{1}{t_i} + \dots + \frac{1}{t_n} > \frac{1}{t_i}. \text{ Logo,}$$

$$\frac{1}{T} > \frac{1}{t_i} \rightarrow T < t_i.$$

Ou seja, o tempo de execução de dois ou mais trabalhadores em paralelo é sempre menor que o tempo de execução de cada um destes trabalhadores, executando as mesmas tarefas. Analogamente, podemos mostrar que a adição de um trabalhador a um estágio sempre melhora o tempo de execução deste estágio. Esta característica proporciona uma grande vantagem ao uso de estações paralelas para o ALWABP caso desejemos adicionar um novo trabalhador à linha de produção que seja pouco eficiente em relação aos demais.

Diferentemente do ALBP com estações em paralelo, caso os tempos dos trabalhadores sejam diferentes, não é possível produzir os itens a uma taxa constante usando paralelismo. Em vista disso, para linhas ritmadas, esta adaptação exige o uso de *buffers* nos estágios que usam paralelismo. Cada item cujo processamento seja concluído nesses estágios será colocado em um *buffer*. Quando um item for solicitado no estágio seguinte este item deverá ser retirado do buffer.

É possível iniciar a produção com um número suficiente de itens no *buffer* de tal forma que a produção nunca seja interrompida pela falta de itens a serem processados. Sejam dois trabalhadores A e B , cujos tempos de execução para um certo conjunto de tarefas são T_A e T_B , respectivamente. O tempo de execução T de um estágio com estes dois trabalhadores em paralelo é dado por

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_A} + \frac{1}{T_B} = \frac{T_A + T_B}{T_A T_B} \rightarrow T = \frac{T_A T_B}{T_A + T_B}$$

A expressão acima indica que, em $T_A T_B$ segundos são produzidos $T_A + T_B$ itens neste estágio. Observe que, após $T_A T_B$ segundos, ambos os trabalhadores terão concluído o processamento de um item e estarão prontos para começar a processar um novo item. Desta forma, supondo que este estágio corresponde ao gargalo da linha de produção, se iniciarmos o *buffer* com $T_A + T_B$ itens, temos a garantia de que sempre haverá itens no buffer para os estágios seguintes. Este cálculo pode ser estendido para qualquer número de trabalhadores.

O cálculo acima estabelece um limite superior para o número de itens necessários no *buffer*. No entanto, este número tende a ser menor. Por exemplo, sejam A e B dois trabalhadores, cujos tempos de execução para um certo conjunto de tarefas são respectivamente 10s e 20s. O tempo de execução T de um estágio com esses trabalhadores em paralelo corresponde a 6,7s. Assuma que este é o tempo de ciclo da linha. A Figura

6 ilustra o funcionamento deste estágio.

Figura 6: Exemplo de execução para o ALWABP com estações em paralelo

Em $t = 6,7s$, o primeiro item é solicitado pelo estágio seguinte. Porém, os trabalhadores A e B ainda não terminaram de processar nenhum item. Em $t = 10s$ o trabalhador A termina de processar seu primeiro item e o coloca no *buffer*. Em $t = 13,3s$ o item que está no *buffer* é solicitado pelo estágio seguinte. Por fim, em $t = 20s$ ambos os trabalhadores terminam um item cada. Um destes itens é recolhido para o estágio seguinte. Como podemos ver, apenas no tempo $t = 6,7s$ uma demanda não foi atendida. Desta forma, se iniciarmos esta linha de produção com um item no *buffer* temos a garantia de que a demanda dos estágios sempre será atendida.

No problema encontrado em CTD's, geralmente se deseja incluir no processo produtivo todos os trabalhadores disponíveis. A configuração serial apresenta uma grande dificuldade, pois a presença de um trabalhador lento em todas ou quase todas as tarefas pode resultar em uma solução ótima pior que a solução sem este trabalhador. Já no caso com estações em paralelo, podemos fazer com que o novo trabalhador execute tarefas juntamente com outro já existente. Conforme demonstrado, o tempo de execução deste estágio será melhor que o tempo de execução do trabalhador que já estava atuando na linha de produção. Portanto, a nova configuração da linha de produção será pelo menos tão produtiva quanto a configuração original.

2.4 ALWABP colaborativo

Além do ALWABP com estações paralelas, outra variação estudada neste projeto é o ALWABP colaborativo. Neste problema, assim como no ALWABP com estações paralelas, cada estágio pode ter um ou mais trabalhadores. No entanto, no ALWABP colaborativo os trabalhadores alocados a um estágio executarão tarefas sobre o mesmo produto. Cada tarefa alocada em um estágio será executada pelo trabalhador alocado àquele estágio que

for mais rápido na execução desta tarefa.

Em relação ao tempo de execução, esta abordagem só é vantajosa caso os tempos de execução dos trabalhadores sejam diferentes. Além disso, uma vez que um trabalhador não precisa executar todas as tarefas alocadas a um estágio, O ALWABP colaborativo pode ajudar a contornar alguns problemas, como tarefas que um dos trabalhadores não pode executar ou para as quais ele é pouco eficiente.

A figura 7 representa uma solução para o ALWABP colaborativo, utilizando o grafo de precedência da figura 1 os tempos de execução da tabela 2.

Figura 7: Exemplo de Solução para o ALWABP colaborativo

Neste exemplo, o trabalhador W4 é o mais eficiente na execução da tarefa 8 e também é bastante eficiente na execução da tarefa 10. No entanto, uma vez que este trabalhador não consegue executar a tarefa 9, para o ALWABP serial e com estações paralelas este trabalhador não pode executar as tarefas 8 e 10 em um mesmo estágio. No entanto, usando o ALWABP colaborativo, fazemos com que o trabalhador W3 execute a tarefa 9, o que permite que o trabalhador W4 execute a tarefa 10. Dessa forma, nesta configuração da linha de produção, o trabalhador W1 está alocado no estágio T1, enquanto que o trabalhador W2 está alocado ao estágio T2 e os trabalhadores W3 e W4 estão alocados ao estágio T3. O trabalhador W3 executa as tarefas 6 e 9 em 4s enquanto que o trabalhador W4 executa as tarefas 7, 8 e 10 em 7s. Assim, o tempo de execução do estágio T3, bem como o tempo de ciclo dessa configuração da linha de produção, corresponde à soma dos tempos de execução dos trabalhadores W3 e W4, isto é, 11s.

3 *Revisão Bibliográfica*

O SALBP é um problema clássico da área de pesquisa operacional, tendo sido arduamente estudado por várias décadas. Diversas extensões para o problema foram propostas, tentando se adequar aos mais diferentes casos possíveis e proporcionar maior flexibilidade ao problema.

Baybars^[7] apresenta a primeira revisão bibliográfica para o SALBP. A revisão discute diversos métodos exatos e problemas relacionados ao SALBP. São excluídos, no entanto, métodos aproximados e algoritmos para o GALBP (*general assembly line balancing problem*).

Becker e Scholl^[6] apresentam uma revisão mais recente para o GALBP. Este trabalho identifica diversas extensões para o problema, como modelos orientados a custo e lucro, seleção de equipamentos, alternativas de processamento, uso de estações e tarefas em paralelo, linhas de produção em U, restrições relacionadas ao posicionamento dos equipamentos, às estações, tarefas e trabalhadores, tempos estocásticos e produção de diversos tipos de produtos diferentes.

Boysen et al.^[8] apresentam uma classificação para problemas de balanceamento de linhas de produção. A classificação utiliza como base características do grafo de precedência, características das estações e da linha de produção, e o objetivo do modelo.

Boysen et al.^[9] apresentam uma classificação para diversos artigos relacionados ao ALBP. A classificação apresentada leva em consideração o número de modelos a serem produzidos e a forma como esta produção é feita, o tipo de controle da linha (ritmada, arritmada síncrona e arritmada assíncrona), frequência de utilização (instalação e reconfiguração), nível de automação e aplicações específicas.

Para o caso onde se deseja minimizar os custos associados à linha de produção, podemos citar os trabalhos de Amen^[10–12], em que se consideram, por exemplo, os custos de maquinário, mão-de-obra, etc.

Para o ALWABP, a literatura é mais escassa. Miralles et al. ^[4] realizaram o primeiro estudo sobre o ALWABP. Os autores mostram que a divisão do trabalho a ser realizado em tarefas menores é capaz de tornar certas deficiências dos trabalhadores transparentes. É apresentado um modelo para o ALWABP-2, cuja função objetivo minimiza o tempo de ciclo. Os autores apresentam também um estudo de caso em um CTD na Espanha, que obteve bons resultados.

Chaves ^[13] apresenta uma meta-heurística híbrida denominada busca por agrupamentos (CS, do inglês *clustering search*). O autor também propõe o uso de CS para diversos problemas, entre eles o ALWABP.

Chaves et al. ^[14] apresentam uma heurística Clustering Search para resolver o ALWABP. O método é capaz de encontrar uma boa solução em um tempo computacional relativamente baixo. Foi também gerado um conjunto de instâncias para o problema, divididas em 4 famílias de acordo com o número de tarefas, a densidade do grafo de precedências e a variabilidade os tempos de execução do problema.

Os mesmos autores apresentaram uma melhoria do método ^[15]. Neste trabalho a meta-heurística *simulated annealing* utilizada no trabalho anterior foi substituída por uma busca local iterativa (ILS, do inglês *Iterated Local Search*) e foi adicionado um método de descida em vizinhança variável (VND, do inglês *variable neighborhood descend*).

Moreira e Costa ^[16] apresentam um algoritmo Busca Tabu para resolução do ALWABP. O algoritmo foi desenvolvido de tal forma a ser simples, flexível, rápido e preciso, tornando-o de fácil entendimento e implementação. Os resultados obtidos foram comparados com aqueles obtidos por Chaves ^[13–15], obtendo melhores resultados para instâncias maiores.

Os mesmos autores ^[5] desenvolveram uma heurística construtiva para o ALWABP. Esta heurística é uma adaptação daquela desenvolvida por Scholl e Voß ^[17] para o SALBP-2. Detalhes destas heurísticas, bem como uma adaptação das mesmas para o ALWABP com estações em paralelo e para o ALWABP colaborativo, podem ser vistas no capítulo 5.

Costa e Miralles ^[18] estudam como programar a rotação de tarefas no ALWABP. Foi desenvolvida uma métrica para este problema. É apresentada uma formulação linear inteira mista que se mostra difícil de ser resolvida de forma exata mesmo para poucos períodos. Os autores desenvolveram então um método heurístico de decomposição por períodos, que se mostrou capaz de encontrar boas soluções em um tempo computacional viável.

Diversos trabalhos tratam do ALBP com máquinas paralelas, tanto de forma exata quanto utilizando heurísticas. Becker e Sholl ^[19] apresentam um problema denominado *problema de balanceamento de linhas de produção com áreas de trabalho variáveis* (VWALBP, do inglês *assembly line balancing problem with variable workplaces*). O problema inclui restrições que fixam certas tarefas em um grupo específico de estações e permite definir incompatibilidades entre tarefas e estágios e entre tarefas e trabalhadores. Apesar das tarefas serem indivisíveis, tarefas muito grandes podem ser executadas em mais de uma estação na mesma área de trabalho. O problema incorpora também o uso de máquinas paralelas. Os autores desenvolveram um algoritmo *branch and bound* que pode ser utilizado tanto para resolver o problema de forma exata ou como uma heurística.

Boysen e Fliedner ^[20] apresentam um algoritmo gráfico de duas fases. O algoritmo pode ser adaptado para trabalhar com linhas em U, estações e tarefas paralelas, sinergia de recursos e custos, alternativas de processamento, restrições de zonas e tempos estocásticos.

Bukchin e Rubinovitz ^[21] apresentam duas formulações para o ALBP com estações paralelas e seleção de equipamentos. Uma das formulações minimiza o número de estações, enquanto que a outra minimiza custo total. Em ambos os modelos, o tempo de ciclo é fixo. Os autores adaptaram um algoritmo *branch-and-bound*, desenvolvido para o problema de seleção de equipamentos, para resolver o problema com estações paralelas.

Ege et al. ^[22] estudam o ALBP com máquinas paralelas. O objetivo é encontrar uma configuração da linha de produção que minimize o custo de ativação das estações e dos equipamentos necessários. Os autores propõem dois métodos *branch and bound*, um exato e um heurístico. A heurística se mostrou capaz de encontrar soluções próximas da solução ótima, especialmente se o custo dos equipamentos são baixos.

Plebani e Chen ^[23] apresentam um modelo para o ALBP em linhas em U com máquinas paralelas. Os autores utilizam um algoritmo *branch and bound* para a resolução do problema. Caso a solução ótima não tenha sido encontrada após um tempo definido pelo usuário, o método alterna para uma heurística, aplicada a nós selecionados da árvore do *branch and bound*.

Süer ^[24] propõe um método de resolução em três fases. Na primeira fase são geradas configurações para vários números de estações. Na segunda fase, são alocados os trabalhadores disponíveis para cada configuração gerada. Por fim um modelo matemático determina a linha de montagem que minimiza o número de trabalhadores e que atende a demanda desejada.

Tiacci e Saetta ^[25] apresentam um simulador orientado a processo para resolução do ALBP capaz de tratar modelos mistos, tempos estocásticos, estações paralelas e diferentes sequências de agendamento (*scheduling sequences*).

McMullen e Frazier ^[26] descrevem uma heurística para resolução do ALBP com linhas multi-modelos, tempos de tarefas estocásticos e estações paralelas. A heurística é uma modificação daquela proposta por Gaither ^[27], com a adição dos tempos estocásticos. A heurística modificada utiliza sete regras alternativas para seleção de tarefas a serem designadas às estações e tempos de tarefas compostos para indicar a produção de modelos mistos.

Simaria e Vilarinho ^[28] definem um modelo matemático e um Algoritmo Genético iterativo para o MALBP-II (*mixed-model assembly line balancing problem*). Objetiva maximizar a taxa de produção dado um número de trabalhadores. Define um tempo limite para a ativação da replicação de estações de trabalho.

Bukchin e Rubinovitz ^[21] apresentam duas formulações para o ALBP com estações paralelas e seleção de equipamentos. Uma das formulações minimiza o número de estações, enquanto que a outra minimiza custo total. Em ambos os modelos, o tempo de ciclo é fixo. Os autores adaptaram um algoritmo *branch-and-bound*, desenvolvido para o problema de seleção de equipamentos, para resolver o problema com estações paralelas. Estas duas formulações foram de grande importância para este projeto, pois serviram de base para o desenvolvimento da formulação matemática para o ALWABP com estações em paralelo.

O uso de paralelismo para o ALWABP começou a ser estudado recentemente. Araújo et al. ^[29, 30] apresentaram um modelo linear para o ALWABP com estações paralelas. Os autores realizaram testes em instâncias disponíveis na literatura e em instâncias modificadas, geradas pelos próprios autores. Estas instâncias buscam simular situações em que alguns trabalhadores possuem deficiências semelhantes.

Araújo e Costa ^[31] estenderam o trabalho anterior, gerando novas instâncias, que simulam a existência de um trabalhador que é muito lento em relação aos demais.

4 *Formulações Matemáticas*

Neste capítulo apresentamos formulações lineares para o SALBP, ALWABP e ALBP com máquinas paralelas. Estas duas formulações são usadas como base para o desenvolvimento de uma formulação linear para o ALWABP com máquinas paralelas, que também é apresentada.

4.1 Formulação para o SALBP

A seguir apresentamos uma formulação para o SALBP-2.

Utilizando a notação:

- i, j Índices das tarefas
- s Índices dos estágios
- N Conjunto de tarefas
- S Conjunto de estágios
- p_i Tempo de execução da tarefa i
- D_j Conjunto de tarefas imediatamente predecessoras à tarefa j no grafo de precedência

E as variáveis:

- C Tempo de ciclo
- x_{si} Variável binária. Igual a 1 se a tarefa i é executada pelo trabalhador w no estágio s , igual a 0 caso contrário

$$\text{Min } C \tag{4.1}$$

s.a.

$$\sum_{s \in S} s x_{si} \leq \sum_{s \in S} s x_{sj} \quad \forall j \in N, \forall i \in D_j \quad (4.2)$$

$$\sum_{s \in S} x_{si} = 1 \quad \forall i \in N \quad (4.3)$$

$$\sum_{i \in N} p_i x_{si} \leq C \quad \forall s \in S \quad (4.4)$$

A função objetivo (4.1) minimiza o tempo de ciclo. As restrições (4.2) estabelecem as relações de precedência entre as tarefas. As restrições (4.3) garantem que todas as tarefas serão executadas. Por fim, as restrições (4.4) determinam que o tempo de ciclo da linha de montagem corresponde ao tempo de execução da estação mais carregada.

4.2 Formulação para o ALWABP

A seguir é apresentada a formulação para o ALWABP-2, proposta por Miralles et al. ^[4]. A versão apresentada contém pequenas melhorias introduzidas por Moreira e Costa ^[16].

Utilizando a notação:

- i, j Índices das tarefas
- w Índices dos trabalhadores
- s Índices dos estágios
- N Conjunto de tarefas
- W Conjunto de trabalhadores
- S Conjunto de estágios
- p_{wi} Tempo de execução da tarefa i pelo trabalhador w
- D_j Conjunto de tarefas imediatamente predecessoras à tarefa j no grafo de precedência
- I_w Conjunto de tarefas que o trabalhador w não é capaz de executar

E as variáveis:

C	Tempo de ciclo
x_{swi}	Variável binária. Igual a 1 se a tarefa i é executada pelo trabalhador w no estágio s , igual a 0 caso contrário
y_{sw}	Variável binária. Igual a 1 se o trabalhador w está no estágio s , igual a 0 caso contrário

$$\text{Min } C \quad (4.5)$$

s.a.

$$\sum_{w \in W} \sum_{s \in S} x_{swi} = 1 \quad \forall i \in N \quad (4.6)$$

$$\sum_{s \in S} y_{sw} = 1 \quad \forall w \in W \quad (4.7)$$

$$\sum_{w \in W} y_{sw} = 1 \quad \forall s \in S \quad (4.8)$$

$$\sum_{w \in W} \sum_{s \in S} s x_{swi} \leq \sum_{w \in W} \sum_{s \in S} s x_{swj} \quad \forall i, j \in N | i \in D_j \quad (4.9)$$

$$\sum_{w \in W} \sum_{i \in N} p_{wi} x_{swi} \leq C \quad \forall s \in S \quad (4.10)$$

$$\sum_{i \in N} x_{swi} \leq |N| y_{sw} \quad \forall w \in W, \forall s \in S \quad (4.11)$$

$$x_{swi} = 0 \quad \forall w \in W, \forall s \in S, \forall i \in I_w \quad (4.12)$$

A função objetivo (4.5) minimiza o tempo de ciclo. As restrições (4.6) garantem que

cada tarefa será executada por um trabalhador em um estágio. As restrições (4.7) e (4.8) estabelecem que uma relação biunívoca entre trabalhadores e estágios. As restrições (4.9) estabelecem as relações de precedência entre as tarefas. As restrições (4.10) definem o tempo de ciclo como o tempo do estágio mais lento. As restrições (4.11) indicam que uma tarefa só pode ser executada por um trabalhador em um estágio se este trabalhador estiver alocado a este estágio. Por fim, as restrições (4.12) tratam das tarefas que determinados trabalhadores não podem executar.

4.3 Formulação para o ALBP com estações em paralelo

A seguir é apresentada uma formulação para o ALBP que permite o uso de estações paralelas, adaptada daquela descrita por Bukchin e Rubinovitz ^[21]. Esta formulação minimiza o custo total dos equipamentos a serem adquiridos dada uma taxa de produção a ser atendida.

Com a notação adicional:

- k Índices do número de estações em paralelo
- W_k Custo de utilizar k estações em paralelo
- K_{Max} Número máximo de estações em paralelo

E as variáveis:

- z_{sk} Variável binária. Igual a 1 se existem exatamente k estações paralelas no estágio s , igual a 0 caso contrário

Pode-se escrever:

$$Min \sum_{s \in S} \sum_{k=1}^{K_{Max}} W_k z_{sk} \quad (4.13)$$

s.a.

$$\sum_{s \in S} s x_{si} \leq \sum_{s \in S} s x_{sj} \quad \forall i, \forall j \in N | i \in D_j \quad (4.14)$$

$$\sum_{s \in S} x_{si} = 1 \quad \forall i \in N \quad (4.15)$$

$$\sum_{k=1}^{K_{Max}} z_{sk} \leq 1 \quad \forall s \in S \quad (4.16)$$

$$\sum_{i \in N} p_i x_{si} \leq \sum_{k=1}^{K_{Max}} k z_{sk} C \quad \forall s \in S \quad (4.17)$$

Este modelo introduz a variável z_{sk} , que representa o nível de paralelismo no estágio s . A função objetivo (4.13) minimiza o custo $W_k z_{sk}$ de k estações paralelas em um dado estágio s . As restrições (4.14) estabelecem as relações de precedência. As restrições (4.15) garante a execução das tarefas. A restrição (4.16) define um único nível de paralelismo em cada estágio. Observe que este valor pode ser zero caso todas as variáveis z_{sk} sejam zero, indicando assim um estágio vazio. Por fim, a restrição (4.17) garante que o tempo de execução de cada estágio não exceda o tempo de ciclo.

Seja k_s o nível de paralelismo do estágio s , isto é, z_{sk} é igual a 1 para $k = k_s$ e 0 para os demais valores de k . A restrição (4.17) é equivalente a:

$$\sum_{i \in N} p_i x_{si} \leq k_s C \rightarrow \frac{\sum_{i \in N} p_i x_{si}}{k_s} \leq C$$

Desta forma, o termo da esquerda, que corresponde ao tempo de execução do estágio, não deve exceder o tempo de ciclo desejado. Observe que esta formulação é linear para o ALBP-1, porém as restrições (4.17) a tornam não-linear para o ALBP-2.

4.4 Formulação para o ALWABP com estações em paralelo

A partir dos modelos apresentados anteriormente, foi possível desenvolver uma formulação para o ALWABP com máquinas paralelas. A ideia foi de se mesclar conceitos encontrados em cada modelo, como a definição de variáveis com 3 índices indicando a

execução de uma tarefa por um trabalhador em um dado estágio e a definição de variáveis indicando o nível de paralelismo em cada estágio. A variável z_{sk} foi adaptada, permitindo que o valor de k varie de 0 até K_{Max} . Esta modificação será útil para a linearização do modelo.

Com a adição das variáveis:

t_{is} Variável binária. Igual a 1 se a tarefa i é executada no estágio s , igual a 0 caso contrário

Pode-se escrever um modelo para o ALWABP com estações paralelas como:

$$\text{Min } C \quad (4.18)$$

s.a.

$$\sum_{s \in S} st_{is} \leq \sum_{s \in S} st_{js} \quad \forall i, j \in N | i \in D_j \quad (4.19)$$

$$\sum_{w \in W} x_{swi} \geq k(t_{is} + z_{sk} - 1) \quad \forall s \in S, \forall k \in [0, K_{Max}], \forall i \in N \quad (4.20)$$

$$x_{swi} \leq t_{is} \quad \forall s \in S, \forall w \in W, \forall i \in N \quad (4.21)$$

$$\sum_{k=0}^{K_{Max}} z_{sk} = 1 \quad \forall s \in S \quad (4.22)$$

$$\sum_{w \in W} y_{sw} = \sum_{k=0}^{K_{Max}} k z_{sk} \quad \forall s \in S \quad (4.23)$$

$$\sum_{s \in S} y_{sw} = 1 \quad \forall w \in W \quad (4.24)$$

$$\sum_{s \in S} t_{is} = 1 \quad \forall i \in N \quad (4.25)$$

$$x_{swi} \leq y_{sw} \quad \forall s \in S, \forall w \in W, \forall i \in N \quad (4.26)$$

$$x_{swi} = 0 \quad \forall w \in W, \forall s \in S, \forall i \in I_w \quad (4.27)$$

$$\sum_{w \in W | y_{sw}=1} \frac{1}{\sum_{i \in N} p_{wi} x_{swi}} \geq \frac{1}{C} \quad \forall s \in S | z_{s0} = 0 \quad (4.28)$$

A função objetivo (4.18) minimiza o tempo de ciclo. As restrições (4.19) definem as relações de precedência entre as tarefas. As restrições (4.20) indicam que em um estágio com k máquinas paralelas cada tarefa atribuída àquele estágio deve ser executada por pelo menos k trabalhadores. As restrições (4.21) indicam que um trabalhador só pode executar uma tarefa em um estágio caso aquela tarefa tenha sido atribuída àquele estágio. As restrições (4.22) indicam que cada estágio possui exatamente um nível de paralelismo. As restrições (4.23) e (4.24) estabelecem que cada estágio possui k trabalhadores e cada trabalhador executa tarefas em apenas um estágio. As restrições (4.25) obrigam cada tarefa a ser executada em exatamente um estágio. As restrições (4.26) indicam que um trabalhador só pode executar tarefas em um estágio ao qual tenha sido alocado. As restrições (4.27) tratam das tarefas que alguns trabalhadores não podem executar. Por fim, as restrições (4.28) definem a taxa de produção como a menor entre as frequências de execução de cada estágio não vazio, em que um estágio vazio possui zero máquinas ($z_{s0} = 1$). A frequência de execução de um estágio corresponde à soma das frequências de execução de cada máquina que, por sua vez, equivalem ao inverso da soma dos tempos de execução de suas tarefas. As restrições (4.28) tornam o modelo (4.18)-(4.28) não-linear.

Com o intuito de linearizar (4.18)-(4.28), definimos F como a frequência de produção da linha de montagem. Desejamos então maximizar a frequência de produção, o que é equivalente a minimizar o tempo de ciclo. Seja f_{sw} a frequência de execução do trabalhador w no estágio s . Caso o trabalhador w seja designado ao estágio s , isto é, $y_{sw} = 1$, temos que

$f_{sw} = \frac{1}{\sum_{i \in N} p_{wi} x_{swi}}$, o que é equivalente a $\sum_{i \in N} p_{wi} f_{sw} x_{swi} = 1$. Caso contrário, $f_{sw} = 0$. Para tornar estas restrições lineares, definimos a variável v_{swi} igual a f_{sw} se a tarefa i é executada pelo trabalhador w no estágio s ou 0 caso contrário, ou seja, $v_{swi} = f_{sw} x_{swi}$. Seja M um limitante superior para a taxa de produção e M_w um limitante superior para a frequência de execução do trabalhador w . Estes termos podem ser calculados da seguinte forma:

$$M = \frac{|W|}{\sum_{i \in N} p_{wi}^-}$$

$$M_w = \frac{1}{\min_{i \in N} p_{wi}}$$

O valor de M corresponde ao inverso de um limitante inferior para o tempo de ciclo. Este tempo de ciclo equivale a alocar $|W|$ trabalhadores em um único estágio, em que os tempos destes trabalhadores para cada tarefa i correspondem ao menor tempo de execução desta tarefa entre os trabalhadores do problema original (p_{wi}^-). O valor de M_w para um dado trabalhador w equivale a alocar a este trabalhador apenas a tarefa que ele executa mais rapidamente.

O modelo pode então ser reescrito da seguinte forma:

$$\text{Max } F \tag{4.29}$$

$$(4.19) - (4.27)$$

$$\sum_{w \in W} f_{sw} \geq F - M z_{s0} \quad \forall s \in S \tag{4.30}$$

$$\sum_{i \in N} p_{wi} v_{swi} = y_{sw} \quad \forall w \in W, \forall s \in S \tag{4.31}$$

$$f_{sw} \leq M_w y_{sw} \quad \forall w \in W, \forall s \in S \tag{4.32}$$

$$v_{swi} \geq f_{sw} - M_w(1 - x_{swi}) \quad \forall s \in S, \forall w \in W, \forall i \in N \quad (4.33)$$

$$v_{swi} \leq |N|x_{swi} \quad \forall s \in S, \forall w \in W, \forall i \in N \quad (4.34)$$

A função objetivo (4.29) maximiza a frequência de produção. As restrições (4.30) definem a taxa de produção como a frequência de execução do estágio não vazio mais lento. As restrições (4.31) definem as variáveis v_{swi} como uma ponderação dos tempos de execução de cada tarefa. As restrições (4.32) forçam $f_{sw} = 0$ caso o trabalhador w não tenha sido alocado ao estágio s . As restrições (4.33) e (4.34) definem os limitantes para as variáveis v_{swi} . As restrições (4.31) e (4.33) forçam $v_{swi} = f_{sw}$ se $x_{swi} = 1$, enquanto que as restrições (4.34) forçam $v_{swi} = 0$ se $x_{swi} = 0$.

4.5 Formulação para o ALWABP colaborativo

A seguir é apresentada a formulação para o ALWABP colaborativo, utilizando a mesma notação do ALWABP serial.

$$\text{Min } C \quad (4.35)$$

$$\sum_{w \in W} \sum_{s \in S} x_{swi} = 1 \quad \forall i \in N \quad (4.36)$$

$$\sum_{s \in S} y_{sw} = 1 \quad \forall w \in W \quad (4.37)$$

$$\sum_{w \in W} y_{sw} \leq K_{Max} \quad \forall s \in S \quad (4.38)$$

$$\sum_{w \in W} \sum_{s \in S} s x_{swi} = \sum_{w \in W} \sum_{s \in S} s x_{swj} \quad \forall i, j \in N | i \in D_j \quad (4.39)$$

$$\sum_{i \in N} p_{wi} x_{swi} \leq C \quad \forall s \in S \quad (4.40)$$

$$\sum_{i \in N} x_{swi} \leq |N| y_{sw} \quad \forall w \in W, \forall s \in S \quad (4.41)$$

$$x_{swi} = 0 \quad \forall w \in W, \forall s \in S, \forall i \in I_w \quad (4.42)$$

Este modelo corresponde ao modelo para o ALWABP serial substituindo as restrições (4.8) por (4.38). Com isto, o modelo é capaz de suportar mais de um trabalhador em um mesmo estágio. De fato, caso não desejemos limitar o número de trabalhadores por estágio, podemos eliminar as restrições 4.38.

5 *Heurística Construtiva*

Conforme será visto no Capítulo 6, os modelos apresentados no Capítulo 4 são de difícil resolução, não sendo capazes de resolver problemas de grande porte em um tempo computacional viável. Em vista disto, adaptamos a heurística construtiva desenvolvida por Scholl e Voß^[17] para o SALBP. Modificações desta heurística já foram usadas por Moreira e Costa^[5] para resolver o problema ALWABP e neste trabalho ela é modificada para adicionar suporte para o ALWABP com estações em paralelo e para o ALWABP colaborativo.

Este capítulo está dividido em quatro sessões. As duas primeiras sessões tratam, respectivamente, das heurísticas existentes para o SALBP-2 (sessão 5.1) e para o ALWABP (sessão 5.2). Na sessão 5.3 descrevemos as alterações realizadas para suporte ao paralelismo, enquanto que, na sessão 5.4 são descritas as modificações necessárias para suporte ao ALWABP colaborativo.

5.1 Heurística para o SALBP-2

Scholl e Voß^[17] descrevem uma heurística construtiva para o SALBP-2. Esta heurística consiste na resolução do SALBP-1 para diversos valores de tempo de ciclo. Seja $\bar{c}$ o tempo de ciclo desejado, $t(S_k)$ o tempo de execução da estação k e N um conjunto de tarefas. O algoritmo 1 constrói uma solução para o SALBP-1.

Algoritmo 1 Procedimento de designação orientado a estações para o SALBP-1

Entrada: Tempo de ciclo máximo $\bar{c}$

- 1: Inicie em uma estação vazia $n = 0$, $t(S_n) = 0$. Adicione as tarefas não alocadas a $U = N$.
 - 2: Aloque à estação atual a tarefa i de maior prioridade tal que $t_i + t(S_k) \leq \bar{c}$ e faça $U = U \setminus \{i\}$.
 - 3: Se não houverem tarefas disponíveis, retorne k . Caso contrário, caso hajam tarefas disponíveis, mas nenhuma possa ser alocada, faça $k = k + 1$, $t(S_k) = 0$. Vá para o Passo 2.
-

A heurística construtiva para o SALBP-2 consiste na execução do algoritmo 1 para vários valores de tempo de ciclo $\bar{c}$, visando encontrar o menor valor viável de $\bar{c}$. Os autores utilizaram diversos métodos para calcular $\bar{c}$. Um destes métodos consiste em iniciar com um limitante inferior para o problema e executar o Algoritmo 1. Este método é descrito no Algoritmo 2

Algoritmo 2 Procedimento de designação orientado a estações para o SALBP-2

Entrada: Tempo de ciclo mínimo LC

Entrada: Tempo de ciclo máximo UC

```

1: Inicie com  $\bar{c} = LC$ 
2: Execute o algoritmo 1 utilizando o valor de  $\bar{c}$  atual
3: se Uma solução válida foi encontrada então
4:   Retorne a solução
5: senão
6:   se  $\bar{c} \leq UC$  então
7:      $\bar{c} = \bar{c} + 1$ 
8:     Vá para o passo 2
9:   senão
10:    Retorne "Solução não encontrada"
11:  fim
12: fim

```

Além disso, os autores propuseram diversas regras de prioridade, de modo a classificar as tarefas disponíveis. As principais regras são descritas a seguir:

1. MaxF: número decrescente de tarefas sucessoras;
2. MaxIF: número decrescente de tarefas sucessoras imediatas;
3. MaxTime: tempos decrescentes das tarefas;
4. MaxPW: *positional weights* decrescentes;
5. MaxTimeL: razão entre os tempos de execução das tarefas e as respectivas estações "mais tarde" (isto é, a última estação onde esta tarefa pode ser executada para um dado tempo de ciclo respeitando as relações de precedência);
6. MaxTimeSlack: razão entre os tempos de execução das tarefas e a diferença entre a estação "mais tarde" e a estação "mais cedo" (isto é, a primeira estação onde esta tarefa pode ser executada para um dado tempo de ciclo respeitando as relações de precedência)

O *positional weight* de uma tarefa é dado pela soma do tempo de execução desta tarefa para o trabalhador atual e o somatório dos tempos de execução das tarefas sucessoras.

5.2 Heurística para o ALWABP

Moreira e Costa ^[5] propuseram uma modificação da heurística proposta por Scholl e Voß ^[17] para o ALWABP-2. Para isto, os autores precisaram redefinir diversas regras de prioridade, uma vez que a maioria delas se baseia no tempo de execução das tarefas, que é dependente do trabalhador no ALWABP. Além disso, os autores precisaram definir regras de seleção de trabalhadores. O Algoritmo 3 descreve o funcionamento da heurística para o ALWABP.

Algoritmo 3 Procedimento de designação orientado a estações para o ALWABP-1

Entrada: Tempo de ciclo máximo $\bar{c}$

- 1: Inicie em uma estação vazia $n = 0$, $t(S_n) = 0$.
 - 2: Adicione os trabalhadores não alocados a $U_w = W$, adicione as tarefas não alocadas a $U = N$.
 - 3: **para** cada trabalhador $w \in U_w$ **faça**
 - 4: Calcule T_w , o conjunto de tarefas que seriam executadas pelo trabalhador w de acordo com a regra de prioridade utilizada.
 - 5: **fim**
 - 6: Aloque à estação n o trabalhador w que possuir a maior prioridade e suas tarefas T_w .
 $U_w = U_w \setminus \{w\}$, $U = U \setminus T_w$, $n = n + 1$.
 - 7: **se** $U_w \neq \emptyset$ **então**
 - 8: Vá para o Passo 2.
 - 9: **senão**
 - 10: **se** $U = \emptyset$ **então**
 - 11: Retorne a solução.
 - 12: **senão**
 - 13: Retorne "solução não encontrada para o tempo de ciclo $\bar{c}$ ".
 - 14: **fim**
 - 15: **fim**
-

Este algoritmo pode ser executado com o grafo de precedência normal ou reverso. Para este último, as relações de precedência são invertidas, isto é, se a tarefa i precede a tarefa j no grafo normal, a tarefa j passa a preceder a tarefa i no grafo reverso. A solução encontrada pelo algoritmo 3 é então invertida (os trabalhadores e tarefas alocados às primeiras estações são alocados às últimas), resultando em uma solução para o ALWABP.

Para esta heurística, foram utilizadas as seguintes regras de prioridade, adaptadas daquelas utilizadas por Scholl e Voß ^[17]:

1. MaxF: número decrescente de seguidores;
2. MaxIF: número decrescente de seguidores imediatos;
3. $MaxTime^-$: valores decrescentes dos tempos mínimos das tarefas;

4. $MaxTime^+$: valores decrescentes dos tempos máximos das tarefas;
5. $MaxTime$: valores decrescentes dos tempos médios das tarefas;
6. $MinTime^-$: valores crescentes dos tempos mínimos das tarefas;
7. $MinTime^+$: valores crescentes dos tempos máximos das tarefas;
8. $MinTime$: valores crescentes dos tempos médios das tarefas.
9. $MaxPW^-$: valores decrescentes dos *positional weights* mínimos;
10. $MaxPW^+$: valores decrescentes dos *positional weights* máximos;
11. $MaxPW$: valores decrescentes dos *positional weights* médios;
12. $MinD$: valores crescentes da diferença entre o tempo da tarefa para este trabalhador e o menor tempo da tarefa;
13. $MinR$: valores crescentes da razão entre o tempo da tarefa para este trabalhador e o menor tempo da tarefa;
14. $MaxFTime$: valores decrescentes da razão entre o número de seguidores e o tempo da tarefa;
15. $MaxIFTime$: valores decrescentes da razão entre o número de seguidores imediatos e o tempo da tarefa;
16. $MinRank$: valores crescentes da classificação do tempo de execução da tarefa em relação a outros trabalhadores.

O tempo mínimo de uma tarefa corresponde ao menor tempo de execução desta tarefa entre os trabalhadores disponíveis (isto é, os trabalhadores que ainda não foram alocados), enquanto que os tempos máximo e médio da tarefa correspondem, respectivamente, ao maior tempo de execução e à média dos tempos de execução desta tarefa entre os trabalhadores disponíveis e que são capazes de executá-la. O *positional weight* de uma tarefa é dado pela soma do tempo de execução desta tarefa para o trabalhador atual e o somatório dos tempos de execução das tarefas sucessoras.

Além destas regras de prioridade, os autores utilizaram regras para seleção de trabalhadores. Entre elas, podemos destacar:

1. $MaxTasks$: número decrescentes de tarefas alocadas;

2. MinRLB: valores decrescentes dos limitantes inferiores relaxados

A regra *MaxTasks* prioriza os trabalhadores que conseguem alocar mais tarefas. Já a regra *MinRLB* calcula o limitante inferior para o tempo de ciclo das estações restantes. Este limitante corresponde ao somatório dos menores tempos de execução das tarefas restantes dividido pelo número de trabalhadores restantes.

A eficiência do algoritmo 3 depende de bons limitantes inferiores para o problema. Em vista disso, Moreira e Costa ^[5] adaptaram os limitantes utilizados por Scholl e Becker ^[32]. Entre estes limitantes inferiores, podemos citar o limitante denominado LC1. Seja m o número de trabalhadores e t_i^- o menor tempo de execução da tarefa i entre todos os trabalhadores. O cálculo do limitante LC1 é dado pela seguinte fórmula:

$$LC1 = \max\{\max_{i \in N} t_i^-, \lceil \sum_{i \in N} t_i^- / m \rceil\}$$

O termo $\max_{i \in N} t_i^-$ indica que, caso tomemos o menor tempo de cada tarefa entre todos os trabalhadores, o tempo de ciclo é maior ou igual ao maior destes tempos. Já o termo $\lceil \sum_{i \in N} t_i^- / m \rceil$ corresponde a uma estimativa do tempo de ciclo, supondo que cada tarefa é executada pelo trabalhador que a executa mais rapidamente.

5.3 Heurística para o ALWABP com estações em paralelo

A heurística descrita na sessão anterior pode ser adaptada para o caso em que há estações em paralelo. Para isto, a principal dificuldade encontrada é a necessidade de redefinir as regras de prioridade para as tarefas. Uma vez que o tempo de execução de uma tarefa não é bem definido para trabalhadores em paralelo, muitas regras de prioridade tiveram que ser alteradas. Além disso, para a regra de seleção de trabalhadores *MaxTasks*, o uso de paralelismo geralmente implica em um número maior de tarefas alocadas a um estágio. No entanto, isto nem sempre resulta em uma boa solução em termos de tempo de ciclo. Em vista disto, é necessário utilizar técnicas para controlar o uso do paralelismo.

O algoritmo 4 descreve o procedimento para obter uma solução ALWABP-1 com estações em paralelo. este algoritmo requer, além do tempo de ciclo $\bar{c}$, o número máximo de estações em paralelo K_{Max} .

Algoritmo 4 Procedimento de designação orientado a estações para o ALWABP-1 com estações em paralelo

Entrada: Tempo de ciclo máximo $\bar{c}$

Entrada: Número máximo de estações em paralelo K_{Max}

- 1: Inicie em uma estação vazia $n = 0$, $t(S_n) = 0$.
 - 2: Adicione os trabalhadores não alocados a $U_w = W$, adicione as tarefas não alocadas a $U = N$.
 - 3: **para** cada número de trabalhadores k variando de 1 até K_{Max} **faça**
 - 4: **para** cada subconjunto $W' \subset U_w$ contendo k trabalhadores **faça**
 - 5: Calcule T'_W , o conjunto de tarefas que seriam executadas pelos trabalhadores em W' de acordo com a regra de prioridade utilizada.
 - 6: **fim**
 - 7: **fim**
 - 8: Aloque à estação k o conjunto de trabalhadores W' que possuir a maior prioridade e suas tarefas T'_W . $U_w = U_w \setminus W'$, $U = U \setminus T'_W$, $n = n + 1$.
 - 9: **se** $U_w \neq \emptyset$ **então**
 - 10: Vá para o Passo 2.
 - 11: **senão**
 - 12: **se** $U = \emptyset$ **então**
 - 13: Retorne a solução.
 - 14: **senão**
 - 15: Retorne "solução não encontrada para o tempo de ciclo $\bar{c}$ ".
 - 16: **fim**
 - 17: **fim**
-

5.3.1 Adaptação do custo de adição de uma tarefa

Visando adaptar as regras de prioridade definidas por Moreira e Costa ^[5], definimos o custo de uma tarefa como o incremento no tempo de execução de um estágio causado pela adição desta tarefa. Observe que, para o caso com apenas um trabalhador em um estágio, este custo é equivalente ao tempo de execução da tarefa. Caso mais de um trabalhador seja alocado, o custo da tarefa é dependente não apenas do tempo de execução desta tarefa pelos trabalhadores considerados, mas também das tarefas que estão alocadas naquele estágio.

Por exemplo, suponhamos que desejemos adicionar a tarefa i a um estágio com dois trabalhadores, A e B. O tempo de execução desta tarefa é de 5s para o trabalhador A e de 10s para o trabalhador B. Se nenhuma tarefa tiver sido alocada para estes trabalhadores, custo da adição desta tarefa será de $\frac{1}{\frac{1}{5} + \frac{1}{10}} = 3,33$ s. Suponhamos agora que outras tarefas já foram alocadas a estes trabalhadores e que o tempo total das tarefas alocadas é de 20s para o trabalhador A e 15s para o trabalhador B. O tempo de execução deste estágio sem a tarefa i é de $\frac{1}{\frac{1}{20} + \frac{1}{15}} = 8,6$ s. Se adicionarmos a tarefa i , o tempo de execução será de $\frac{1}{\frac{1}{20+5} + \frac{1}{15+10}} = 12,5$ s. Logo, o custo da adição da tarefa i neste caso é de 3,9s.

Utilizando este cálculo do custo da tarefa, selecionamos as seguintes regras de prioridade para as tarefas.

1. MinD: valores crescentes da diferença entre o custo da tarefa e o menor tempo da tarefa;
2. MinR: valores crescentes da razão entre o custo da tarefa e o menor tempo da tarefa;
3. MaxFTime: valores decrescentes da razão entre o número de seguidores e o custo da tarefa;
4. MaxIFTime: valores decrescentes da razão entre o número de seguidores imediatos e o custo da tarefa;
5. $MaxPWS^-$: valores decrescentes dos *positional weights* estáticos mínimos;
6. $MaxPWS^+$: valores decrescentes dos *positional weights* estáticos máximos;
7. $MaxPWD^-$: valores decrescentes dos *positional weights* dinâmicos mínimos;
8. $MaxPWD^+$: valores decrescentes dos *positional weights* dinâmicos máximos;

O *positional weight* dinâmico corresponde ao *positional weight* descrito na seção 5.2, substituindo o tempo de execução da tarefa atual pelo custo desta tarefa. O *positional weight* estático corresponde a uma simplificação do *positional weight* dinâmico em que os tempos das tarefas sucessoras utilizados não dependem dos trabalhadores alocados, o que torna o custo computacional deste critério menor em relação ao *positional weight* dinâmico.

Conforme dito anteriormente, o custo da tarefa para um dado conjunto de trabalhadores é dependente das outras tarefas que estes trabalhadores executam. Por isso, nos critérios que utilizam o tempo de execução de outros trabalhadores não são considerados conjuntos de mais de um trabalhador, visando com isto evitar um aumento no custo computacional da heurística.

5.3.2 Adaptação das regras de seleção de trabalhadores

Além destas regras de prioridade para as tarefas, utilizamos também duas regras de seleção de trabalhadores: MaxTasks e MinRLB. Para a regra MaxTasks dividimos o número de tarefas por um certo peso caso mais de um trabalhador seja alocado ao estágio, visando controlar melhor o uso do paralelismo. Este controle adicional não foi utilizado no MinRLB, uma vez que o cálculo do tempo de ciclo relaxado depende do número de trabalhadores não alocados. Desta forma, utilizamos as seguintes regras para seleção de trabalhadores.

1. MaxTasks: número decrescentes de tarefas alocadas;
2. MaxTasks1.2: número decrescentes de tarefas alocadas dividido por 1,2;
3. MaxTasks1.4: número decrescentes de tarefas alocadas dividido por 1,4;
4. MaxTasks1.6: número decrescentes de tarefas alocadas dividido por 1,6;
5. MaxTasks1.8: número decrescentes de tarefas alocadas dividido por 1,8;
6. MaxTasks2: número decrescentes de tarefas alocadas dividido por 2;
7. MaxTasks3: número decrescentes de tarefas alocadas dividido por 3;
8. MaxTasksK: número decrescentes de tarefas alocadas dividido pelo número de trabalhadores alocados neste estágio;
9. MinRLB: valores decrescentes dos limitantes inferiores relaxados

Assim como foi feito para as regras de prioridade para as tarefas, para o cálculo dos limitantes inferiores relaxados consideramos apenas os tempos de cada trabalhador individualmente.

Conforme dito no capítulo 2, o uso de estações em paralelo pode resultar em soluções com tempo de ciclo menor. No entanto, visando reduzir o tempo de execução da heurística, foi mantido o limitante LC1 para o tempo de ciclo utilizados na heurística para o ALWABP.

5.3.3 Modificações na heurística

Para testar a qualidade das soluções que utilizam paralelismo, foram criadas quatro heurísticas modificadas utilizando como base a heurística para o ALWABP com estações em paralelo. estas heurísticas foram denominadas P1, P2, PS e PW.

Para a heurística P1, modificamos o passo 3 do algoritmo 2. Uma solução para esta heurística é válida se a mesma é uma solução viável para o problema e utiliza paralelismo, isto é, existe pelo menos um estágio com mais de um trabalhador. Caso a solução não utilize paralelismo, ela é descartada e a execução da heurística continua com um tempo de ciclo maior.

A heurística P2 corresponde a uma modificação na heurística P1 de modo a encontrar soluções com paralelismo mais facilmente. Para isto, as regras de seleção de trabalhadores foram ligeiramente modificadas. Em caso de empate para as regras MaxTasks e MinRLB, a heurística P2 prioriza o conjunto com o maior número de trabalhadores. Observe que as heurísticas P1 e P2 não garantem que a solução que está sendo construída utiliza paralelismo.

A heurística PS corresponde a uma forma de se obter soluções forçando o paralelismo em cada estágio. A heurística original tenta construir uma solução para cada valor do tempo de ciclo. Já na heurística PS tentamos construir um conjunto de soluções para cada valor do tempo de ciclo. Em cada uma destas soluções um estágio é selecionado para abrigar dois ou mais trabalhadores em paralelo, enquanto que em cada um dos outros estágios será alocado apenas um trabalhador. Desta forma, esta heurística altera o passo 4 do algoritmo 4 de forma que o paralelismo seja utilizado em exatamente um estágio.

Por fim, a heurística PW modifica a heurística PS forçando a presença de um trabalhador específico em um estágio com paralelismo. Assim como a heurística PS, para

cada valor do tempo de ciclo esta heurística tenta construir um conjunto de soluções. Porém, diferentemente de PS, nesta heurística, para cada solução que tentamos construir selecionamos um trabalhador. Este trabalhador só poderá ser alocado em paralelo com outros trabalhadores, enquanto que os demais trabalhadores só poderão ser alocados em paralelo com este trabalhador. Da mesma forma que a heurística PS, a heurística PW altera o passo 4 do algoritmo 4. Ao contrário das heurísticas P1 e P2, as heurísticas PS e PW garantem que, se uma solução for encontrada, esta utilizará paralelismo.

5.4 Heurística para o ALWABP colaborativo

A heurística desenvolvida para o ALWABP serial pode também ser adaptada para suportar o ALWABP colaborativo. Assim como o ALWABP com estações paralelas, precisamos redefinir o custo das tarefas, bem como controlar a alocação de mais de um trabalhador em um estágio.

Aplicando a mesma ideia utilizada na heurística para o ALWABP com estações em paralelo, definimos o custo de uma tarefa como o aumento no tempo de execução de um estágio gerado pela alocação desta tarefa a este estágio. Para o ALWABP colaborativo, este custo corresponde ao menor tempo de execução desta tarefa entre os trabalhadores alocados a este estágio. Diferentemente do caso do ALWABP com estações em paralelo, este custo não depende das outras tarefas alocadas a este estágio.

As regras de prioridade para as tarefas, bem como as regras de seleção de trabalhadores, são análogas às aquelas definidas para o ALWABP com estações paralelas, apenas alterando o cálculo do custo das tarefas. Para esta heurística, utilizamos o limitante LC1, que é um limitante válido para o ALWABP colaborativo.

5.4.1 Modificações na heurística

Assim como no caso do ALWABP com estações paralelas, desenvolvemos também um conjunto de heurísticas modificadas de modo a testar a qualidade das soluções em que mais de um trabalhador está alocado a um estágio. Isto resultou no desenvolvimento de quatro heurísticas denominadas C1, C2, CS e CW. Estas heurísticas são análogas às heurísticas P1, P2, PS e PW, respectivamente, apresentadas na sessão 5.3.

6 *Testes Computacionais*

Os modelos para os problemas ALWABP com estações em paralelo e ALWABP colaborativo foram implementados e utilizados para resolver instâncias de pequeno porte disponíveis na literatura, bem como instâncias modificadas. Os resultados obtidos pelos modelos foram comparados entre si e com as soluções ótimas para o problema ALWABP serial. Os resultados foram obtidos utilizando o pacote comercial IBM ILOG CPLEX 12.1 em um processador Intel Core 2 Duo T5450, 1,66 GHz e 3 GB de RAM.

O modelo para o ALWABP com estações em paralelo se mostrou bastante difícil de resolver. Limitando o tempo de execução em uma hora para cada instância, o modelo conseguiu resolver apenas instâncias muito pequenas, com quatro trabalhadores e algumas instâncias com cinco trabalhadores. Para as instâncias com cinco trabalhadores, o tempo de execução do modelo para o ALWABP com estações em paralelo cresceu muito rapidamente. Em vista disto, limitamos o número máximo de estações em paralelo para estas instâncias em 2 e 3. Os resultados obtidos mostraram que esta modificação resultou em uma redução considerável do tempo de execução, permitindo resolver um maior número de instâncias. O tempo de execução para o ALWABP colaborativo foi consideravelmente menor, não requerendo esta modificação para encontrar soluções em um tempo computacional baixo.

Para as instâncias originais, o modelo para o ALWABP com estações em paralelo conseguiu reduzir o tempo de ciclo das soluções ótimas em duas instâncias das 80, enquanto que o ALWABP colaborativo conseguiu uma redução do tempo de ciclo em quatro instâncias. Entre as soluções que possuem mais de um trabalhador em um estágio, as soluções encontradas pelo ALWABP com estações em paralelo resultaram em uma melhoria de 3,25% em relação ao modelo serial, contra 43% para o ALWABP colaborativo em relação ao ALWABP serial.

Foram utilizados também dois conjuntos de instâncias modificadas. O primeiro conjunto simula situações em que dois trabalhadores possuem deficiências semelhantes, en-

quanto que o segundo conjunto simula a adição de um trabalhador pouco eficiente à linha de produção. O ALWABP com estações em paralelo conseguiu melhorar 43 soluções, contra 13 do ALWABP colaborativo. A maior melhoria obtida pelo ALWABP com estações em paralelo foi de 13,4%. Já o ALWABP colaborativo encontrou soluções com até 50% de redução do tempo de ciclo.

Além dos testes com os modelos, foram testadas também cinco heurísticas construtivas para o ALWABP com estações em paralelo e cinco para o ALWABP colaborativo. O tempo de execução destas heurísticas utilizando $K_{Max} = 3$ foi entre duas e cinco vezes maior que o tempo de execução para $K_{Max} = 2$, sendo que este valor de K_{Max} obteve soluções melhores, em média.

Em relação às regras de seleção de trabalhadores utilizadas, a regra MaxTasks1 encontrou o maior número de soluções com mais de um trabalhador por estágio. No entanto, o tempo de ciclo destas soluções era maior do que os tempos de ciclo das soluções obtidas pelas outras regras utilizadas. A regra MinRLB encontrou as melhores soluções, em média.

As seções 6.1 e 6.2 relatam de forma mais detalhada os resultados obtidos pelos modelos e pelas heurísticas construtivas, respectivamente.

6.1 Testes com os modelos

Para testar os modelos, foram utilizadas instâncias definidas por Chaves et al. ^[14], geradas a partir de problemas disponíveis em <http://www.assembly-line-balancing.de/>. Os tempos originais das tarefas foram mantidos para o primeiro trabalhador e os demais trabalhadores receberam tempos aleatórios. Foram adicionadas também 10 a 20% de tarefas incompatíveis para os trabalhadores, exceto o primeiro. Foram selecionados oito grupos de instâncias, cada uma com 4 trabalhadores, sendo que destes 4 são da família de Roszieg, com 25 tarefas a serem executadas, e 4 da família de Heskia, com 28 tarefas.

Utilizamos também dois conjuntos de instâncias modificadas utilizando como base os mesmos 4 grupos de instâncias da família Heskia e 4 da família Roszieg. Para o primeiro conjunto de instâncias, substituímos os tempos de execução das tarefas para o último trabalhador de cada instância pelos tempos correspondentes para o segundo trabalhador. Com isto, pudemos simular casos em que os trabalhadores possuem deficiências semelhantes. As duas novas famílias de instância foram denominadas Heskia mod 1 e Roszieg mod 1. Um segundo grupo de instâncias modificadas foi gerado adicionando um trabalhador

cujo tempo de execução de cada tarefa corresponde ao triplo do maior tempo de execução desta tarefa entre os trabalhadores da instância original que conseguem executá-la. Este conjunto de instância simula a adição de um trabalhador pouco eficiente em relação aos demais. As duas novas famílias de instâncias foram denominadas Heskia mod 2 e Roszieg mod 2.

Para as instâncias Roszieg, Roszieg mod 1, Heskia e Heskia mod 1, o nível máximo de paralelismo (parâmetro K_{Max}) utilizado corresponde ao número total de trabalhadores. As tabelas 3 e 4 mostram os resultados obtidos para as instâncias originais, enquanto que as tabelas 5 e 6 mostram os resultados obtidos para as famílias Roszieg mod 1 e Heskia mod 1, respectivamente. Os resultados estão divididos por grupo. As colunas Serial, Paralelo e Colaborativo indicam, respectivamente, os resultados obtidos pelo ALWABP serial, ALWABP com estações em paralelo e ALWABP colaborativo. A subcoluna C indica o tempo de ciclo médio da solução obtida entre as instâncias do grupo, enquanto que a subcoluna T Exec. indica o tempo de execução médio do modelo.

Utilizar o número de trabalhadores como limitante para o número máximo de estações em paralelo torna difícil a resolução das instâncias das famílias Heskia mod 2 e Roszieg mod 2. Em vista disto, para estas instâncias utilizamos $K_{Max} = 2$ e $K_{Max} = 3$ para o ALWABP com estações em paralelo. As tabelas 7 e 8 mostram os resultados para as famílias Roszieg mod 2 e Heskia mod 2, respectivamente. O tempo de execução destas duas famílias foi limitado em 3600 segundos. Além das colunas utilizadas nas demais instâncias, adicionamos a coluna *Gap*, que indica o gap médio caso a otimalidade da solução não tenha sido provada após 3600 segundos de execução.

Os resultados foram obtidos utilizando o pacote comercial IBM ILOG CPLEX 12.1 em um processador Intel Core 2 Duo T5450, 1,66 GHz e 3 GB de RAM.

Tabela 3: Resultados para a família Heskia

	Serial	Paralelo		Colaborativo	
Grupo	C	C	T	C	T
1	102,3	102,3	113,19	102,3	1,11
2	122,6	122,6	82,65	122,6	1,25
3	172,5	172,5	204,68	172,5	1,43
4	171,2	171,2	173,31	171,2	1,2

O tempo de execução do ALWABP colaborativo foi bastante menor que o tempo de execução para o ALWABP com estações em paralelo para todas as famílias de instâncias. Para a família Roszieg em quatro instâncias a solução ótima utiliza paralelismo, sendo que duas destas apresentaram uma melhora no tempo de ciclo se comparadas com as

Tabela 4: Resultados para a família Roszieg

	Serial	Paralelo		Colaborativo	
Grupo	C	C	T	C	T
1	20,1	20,1	52,85	20,1	7,67
2	31,5	31,36	18,81	26,3	3,38
3	28,1	28,1	96,17	28,1	10,94
4	28	28	82,7	28	5,55

Tabela 5: Resultados para a família Heskia mod 1

	Serial	Paralelo		Colaborativo	
Grupo	C	C	T	C	T
1	128,4	128,05	103,96	128,4	6,57
2	142,5	141,8	38,53	142,5	3,37
3	206,4	206,35	144,4	206,4	6,61
4	192,1	191,95	321,75	192,1	5,71

Tabela 6: Resultados para a família Roszieg mod 1

	Serial	Paralelo		Colaborativo	
Grupo	C	C	T	C	T
1	23,2	23,05	41,86	23,2	9,63
2	39,1	39,1	5,74	29,3	5,19
3	30,3	30,1	45,74	30,3	9,57
4	30,1	29,75	26,3	30,1	9,57

Tabela 7: Resultados para a família Roszieg mod 2

	Serial	Paralelo						Colaborativo	
		$K_{Max} = 2$			$K_{Max} = 3$				
Grupo	C	C	Gap	T	C	Gap	T	C	T
1	17,7	17,63	0,00%	1646,21	17,63	0,15%	1781,4	17,7	68,52
2	20,9	20,59	0,00%	654,04	20,59	0,00%	716,14	20,6	54,29
3	25,1	24,91	2,77%	2280,54	24,91	4,55%	2394,27	25,1	67,39
4	25,6	25,5	2,59%	2340,28	25,5	4,39%	2460,79	25,6	68,93

Tabela 8: Resultados para a família Heskia mod 2

	Serial	Paralelo						Colaborativo	
		$K_{Max} = 2$			$K_{Max} = 3$				
Grupo	C	C	Gap	T	C	Gap	T	C	T
1	97,9	96,54	43,04%	2769,71	96,69	469,28%	3078,1	97,9	23,95
2	116,3	111,68	2,83%	2030,83	112,41	43,16%	2262,34	116,3	22,63
3	164,8	163,98	89,23%	3617,28	163,74	149,81%	3590,11	164,8	25,97
4	161,4	161,79	52,08%	3161,23	163,97	1103,45%	3377,75	161,4	26,12

respectivas soluções dos problemas seriais, com uma melhoria média de 3,25%. Em seis instâncias a solução ótima do colaborativo utilizava mais de um trabalhador em alguma

estação, sendo que quatro destas apresentaram uma redução média do tempo de ciclo de 24,63%. Uma das soluções encontradas apresentou uma redução de 43% no tempo de ciclo em relação ao problema serial.

Para a família Heskia apenas duas instâncias apresentaram uma solução ótima paralela com tempo de ciclo igual à solução ótima serial. Da mesma forma, apenas uma solução ótima do colaborativo alocou mais de um trabalhador em algum estágio. Nenhuma destas soluções apresentou melhoria em relação ao tempo de ciclo da solução ótima do problema serial.

Para a família Roszieg mod 1, 15 instâncias apresentaram solução ótima utilizando paralelismo, com 7 destas apresentando um tempo de ciclo em média 3,44% melhor. Quatro instâncias apresentaram soluções ótimas utilizando mais de um trabalhador em um mesmo estágio para o ALWABP colaborativo, sendo que duas destas apresentaram melhoria média de 7,03%.

Para a família Heskia mod 1 o modelo obteve 14 soluções ótimas utilizando paralelismo, sendo que 5 destas apresentaram uma melhoria de 1,56% em média. Os testes também mostraram que os dois trabalhadores idênticos (isto é, o segundo e o último de cada instância) tendiam a ficar no mesmo estágio nas soluções ótimas que utilizavam paralelismo. O ALWABP colaborativo não conseguiu encontrar soluções utilizando mais de um trabalhador em um mesmo estágio para esta família.

As famílias Heskia mod 2 e Roszieg mod 2 mostram a complexidade do ALWABP com estações em paralelo. O tempo médio de execução das instâncias aumentou entre 15 e 30 vezes através da adição de apenas um trabalhador. Para a família Roszieg mod 2, não foi possível provar a otimalidade da solução em 5 instâncias para $K_{Max} = 2$ e 6 para $K_{Max} = 3$. Foi possível encontrar soluções cujos tempos de ciclo são menores que as respectivas soluções ótimas para o ALWABP serial em 11 instâncias. Em 9 instâncias o ALWABP colaborativo conseguiu encontrar soluções utilizando mais de um trabalhador em um mesmo estágio, sendo que 7 destas apresentaram uma redução no tempo de ciclo de 25,53% em relação à solução ótima do problema serial. Duas das instâncias apresentaram soluções cujos de tempo de ciclo correspondiam à metade do tempo de ciclo das soluções ótimas do problema serial para as respectivas instâncias.

Para a família Heskia mod 2, não foi possível provar a otimalidade da solução de 20 instâncias para $K_{Max} = 2$ e 22 para $K_{Max} = 3$. Mesmo assim, foram encontradas soluções cujos tempos de execução são melhores que os tempos de execução das soluções ótimas para o ALWABP serial em 20 instâncias utilizando $K_{Max} = 2$ e 18 utilizando $K_{Max} = 3$.

Uma das instâncias desta família apresentou uma melhoria de 13,4% em relação à solução ótima do ALWABP serial. Para esta família, o ALWABP colaborativo não conseguiu encontrar soluções utilizando mais de um trabalhador em um mesmo estágio.

Para problemas maiores, o tempo de execução cresce muito rápido. Problemas com 6 trabalhadores chegaram a executar por mais de uma hora sem encontrar a solução ótima.

6.2 Testes com as heurísticas construtivas

As heurísticas descritas nas sessões 5.3 e 5.4 foram implementadas em C++ utilizando o Visual Studio 2008. Foram implementadas oito regras de prioridade para as tarefas, que foram combinadas com nove regras de seleção de trabalhadores. Foram utilizadas as quatro famílias de instâncias definidas por Chaves et al. ^[14]. As características destas instâncias podem ser vistas na tabela 9. As colunas $|N|$ e $|W|$ indicam, respectivamente, o número de tarefas e o número de trabalhadores em cada instância. A coluna Var indica o nível de variabilidade dos tempos de execução em relação ao tempo do primeiro trabalhador, em que L1 corresponde a uma variabilidade baixa (entre 1 e p_{1i} para cada tarefa i) e H3 corresponde a uma variabilidade alta (entre 1 e $3p_{1i}$ para cada tarefa i) ^[14]. A coluna Inc indica o percentual de incompatibilidade trabalhador/tarefa, em que I10 corresponde a 10% e I20 corresponde a 20%. A coluna Order strength corresponde à fração do número de relações de precedência comparado com o máximo valor possível.

Tabela 9: Características das instâncias

Família	$ N $	$ W $	Var	Inc	Order strength
Roszieg	25	4;6	L1;H3	I10;I20	71,67
Heskia	28	4;7	L1;H3	I10;I20	22,49
Tonge	70	10;17	L1;H3	I10;I20	59,42
Wee-mag	75	11;19	L1;H3	I10;I20	22,67

Além disso, fizemos testes com as quatro famílias de instâncias modificadas. As sessões a seguir relatam de forma resumida os resultados obtidos por estas heurísticas. Resultados mais detalhados podem ser vistos no Apêndice A.

6.2.1 Heurística para o ALWABP com estações em paralelo

As tabelas 10 e 11 apresentam os resultados obtidos pela heurística para o ALWABP com estações em paralelo, utilizando $K_{Max} = 2$ e $K_{Max} = 3$, respectivamente. Os resultados representam uma média entre todas as instâncias testadas. Cada linha representa uma

regra de seleção de trabalhadores, associada à melhor regra de prioridade para as tarefas. A coluna Gap indica a distância, em média, entre a solução encontrada pela heurística e a melhor solução conhecida para o problema serial. A coluna Soluções paralelas indica o percentual de soluções encontradas que utiliza paralelismo. A coluna Maior melhoria indica a maior melhoria em relação às melhores soluções conhecidas para o problema serial. Por fim, a coluna Tempo indica o tempo médio de execução da heurística, em segundos.

Tabela 10: Resultados dos testes com a heurística para o ALWABP com estações em paralelo utilizando $K_{Max} = 2$

Regra	Gap	Soluções paralelas	Maior melhoria	Tempo (s)
MaxTasks1 + MaxPWD-	50,85%	90,21%	8,47%	6,78
MaxTasks1.2 + MinD	38,67%	81,88%	13,96%	0,30
MaxTasks1.4 + MinR	27,92%	70,21%	15,08%	0,27
MaxTasks1.6 + MaxPWD-	23,12%	59,79%	14,29%	0,58
MaxTasks1.8 + MinPWD-	21,10%	41,25%	14,29%	0,57
MaxTasks2 + MaxPWD-	19,93%	18,54%	14,29%	5,75
MaxTasks3 + MaxPWD-	19,24%	4,79%	13,49%	5,81
MaxTasksK + MaxPWD-	19,52%	10,00%	13,49%	5,81
MinRLB + MaxPWD-	14,92%	28,54%	14,29%	6,37

Tabela 11: Resultados dos testes com a heurística para o ALWABP com estações em paralelo utilizando $K_{Max} = 3$

Regra	Gap	Soluções paralelas	Maior melhoria	Tempo (s)
MaxTasks1 + MaxPWD-	68,02%	90,21%	4,76%	28,78
MaxTasks1.2 + MinD	57,59%	75,04%	10,41%	1,51
MaxTasks1.4 + MinD	41,23%	52,96%	11,70%	1,34
MaxTasks1.6 + MinR	31,88%	39,74%	12,05%	1,25
MaxTasks1.8 + MinR	26,83%	31,59%	12,05%	1,19
MaxTasks2 + MaxPWD-	24,75%	29,17%	0,00%	23,68
MaxTasks3 + MaxPWD-	20,17%	7,29%	0,00%	22,71
MaxTasksK + MaxPWD-	21,02%	10,21%	0,00%	22,68
MinRLB + MaxPWD-	14,91%	28,75%	2,65%	24,60

Regra MaxTasks1 encontrou o maior número de soluções utilizando paralelismo. No entanto, as soluções encontradas foram, em geral, de baixa qualidade. Para a maioria das regras de seleção de trabalhadores, a regra MaxPWD- encontrou as melhores soluções em média. A combinação desta regra com a regra MinRLB encontrou as melhores soluções em média, chegando a um *gap* médio de 14,92% para $K_{Max} = 2$ e 14,92% para $K_{Max} = 3$. O tempo de execução da heurística utilizando as regras MaxPWD- e MaxPWD+ foi muito superior às demais, em alguns casos chegando a mais de 20 vezes o tempo de execução da heurística utilizando as demais regras. Em vista disto, optamos por não utilizar estas regras nos testes seguintes.

6.2.1.1 Testes com as heurísticas modificadas

As tabelas 12 e 13 apresentam os resultados obtidos pelas heurísticas modificadas para o ALWABP com estações em paralelo, utilizando $K_{Max} = 2$ e $K_{Max} = 3$, respectivamente. Os resultados representam uma média entre todas as instâncias testadas. Cada linha representa uma heurística. A coluna Gap indica a distância, em média, entre as melhores soluções encontradas pela heurística (entre todas as combinações de regras) e as melhores soluções conhecidas para o problema serial. A coluna Soluções paralelas indica o percentual de soluções encontradas que utiliza paralelismo. A coluna Maior melhoria indica a maior melhoria em relação às melhores soluções conhecidas para o problema serial. Por fim, a coluna Tempo indica o tempo médio de execução da heurística, em segundos.

Tabela 12: Resultados dos testes com as heurísticas modificadas para o ALWABP com estações em paralelo utilizando $K_{Max} = 2$

Heurística	Gap	Soluções paralelas	Maior melhoria	Tempo (s)
P1	34,21%	75,73%	20,63%	0,57
P2	21,21%	99,30%	20,63%	0,62
PS	16,62%	100,00%	16,73%	0,83
PW	16,27%	100,00%	20,63%	1,50

Tabela 13: Resultados dos testes com as heurísticas modificadas para o ALWABP com estações em paralelo utilizando $K_{Max} = 3$

Heurística	Gap	Soluções paralelas	Maior melhoria	Tempo (s)
P1	36,72%	76,59%	20,63%	1,50
P2	23,84%	99,32%	20,63%	1,52
PS	18,04%	97,97%	20,63%	1,87
PW	17,35%	100,00%	20,63%	3,55

Entre as heurísticas modificadas, a heurística PW obteve as melhores soluções, em média, atingindo um *gap* médio de 16,27% para $K_{Max} = 2$ e 17,25% para $K_{Max} = 3$. Esta heurística foi capaz de resolver todas as instâncias, utilizando todos os critérios. O tempo de execução desta heurística foi superior ao tempo de execução das demais.

6.2.2 Heurística para o ALWABP colaborativo

As tabelas 14 e 14 apresentam os resultados obtidos pela heurística para o ALWABP colaborativo, utilizando $K_{Max} = 2$ e $K_{Max} = 3$, respectivamente. Os resultados representam uma média entre todas as instâncias testadas. Cada linha representa uma regra de seleção de trabalhadores, associada à melhor regra de prioridade para as tarefas. A coluna

Gap indica a distância, em média, entre a solução encontrada pela heurística e a melhor solução conhecida para o problema serial. A coluna Soluções colaborativas indica o percentual de soluções encontradas que utiliza colaboração. A coluna Maior melhoria indica a maior melhoria em relação às melhores soluções conhecidas para o problema serial. Por fim, a coluna Tempo indica o tempo médio de execução da heurística, em segundos.

Tabela 14: Resultados dos testes com a heurística para o ALWABP colaborativo utilizando $K_{Max} = 2$

Regra	Gap	Soluções colaborativas	Maior melhoria	Tempo (s)
MaxTasks1 + MinD	53,80%	96,04%	46,77%	0,29
MaxTasks1.2 + MinD	41,84%	81,88%	50,00%	0,27
MaxTasks1.4 + MinD	29,79%	63,54%	46,77%	0,25
MaxTasks1.6 + MinR	23,18%	47,92%	50,00%	0,25
MaxTasks1.8 + MinR	21,31%	36,88%	50,00%	0,25
MaxTasks2 + MinR	19,96%	23,13%	50,00%	0,25
MaxTasks3 + MinR	20,78%	7,29%	50,00%	0,26
MaxTasksK + MinR	19,83%	16,04%	50,00%	0,25
MinRLB + MinR	16,79%	39,79%	46,77%	0,40

Tabela 15: Resultados dos testes com a heurística para o ALWABP colaborativo utilizando $K_{Max} = 3$

Regra	Gap	Soluções colaborativas	Maior melhoria	Tempo (s)
MaxTasks1 + MinD	74,12%	97,71%	46,77%	1,42
MaxTasks1.2 + MinD	64,81%	87,29%	50,00%	1,39
MaxTasks1.4 + MinD	49,36%	68,33%	46,77%	1,27
MaxTasks1.6 + MinD	40,19%	55,83%	45,45%	1,24
MaxTasks1.8 + MinR	32,81%	47,08%	45,45%	1,20
MaxTasks2 + MinR	26,09%	32,29%	50,00%	1,16
MaxTasks3 + MinR	21,62%	9,79%	50,00%	1,18
MaxTasksK + MinR	19,87%	16,04%	50,00%	1,13
MinRLB + MinR	16,68%	39,79%	46,77%	1,81

A regra MinRLB encontrou as melhores soluções, em média, para ambos os valores de K_{Max} . O *gap* médio obtido por essa regra, quando combinada com a regra MinR, foi de 16,79% para $K_{Max} = 2$ e de 16,68% para $K_{Max} = 3$. A heurística conseguiu encontrar soluções com melhorias de até 50% em um tempo computacional baixo (cerca de 1 s).

6.2.2.1 Testes com as heurísticas modificadas

As tabelas 16 e 17 apresentam os resultados obtidos pelas heurísticas modificadas para o ALWABP colaborativo, utilizando $K_{Max} = 2$ e $K_{Max} = 3$, respectivamente. Os resultados representam uma média entre todas as instâncias testadas. Cada linha representa uma heurística. A coluna Gap indica a distância, em média, entre as melhores soluções encontradas pela heurística (entre todas as combinações de regras) e as melhores soluções

conhecidas para o problema serial. A coluna Soluções colaborativas indica o percentual de soluções encontradas que utiliza colaboração. A coluna Maior melhoria indica a maior melhoria em relação às melhores soluções conhecidas para o problema serial. Por fim, a coluna Tempo indica o tempo médio de execução da heurística, em segundos.

Tabela 16: Resultados dos testes com as heurísticas modificadas para o ALWABP colaborativo utilizando $K_{Max} = 2$

Heurística	Gap	Soluções colaborativas	Maior melhoria	Tempo (s)
C1	21,57%	85,83%	50,00%	0,34
C2	19,72%	99,63%	50,00%	0,33
CS	16,28%	100,00%	50,00%	0,69
CW	11,25%	77,47%	50,00%	0,95

Tabela 17: Resultados dos testes com as heurísticas modificadas para o ALWABP colaborativo utilizando $K_{Max} = 3$

Heurística	Gap	Soluções colaborativas	Maior melhoria	Tempo (s)
C1	22,70%	81,28%	50,00%	1,48
C2	20,36%	99,61%	50,00%	1,47
CS	17,22%	100,00%	47,73%	1,64
CW	11,84%	78,73%	50,00%	3,25

A heurística CW encontrou as melhores soluções, em média, com *gap* de 11,25% para $K_{Max} = 2$ e 11,84% para $K_{Max} = 3$. No entanto, esta heurística não foi capaz de resolver todas as instâncias utilizando todas as combinações de regras. A heurística CS foi capaz de resolver todas as instâncias utilizando todas as combinações de critérios, porém a qualidade média das melhores soluções obtidas por esta heurística foi menor.

6.2.3 Comentários gerais sobre os resultados

Entre as combinações de regras utilizadas, a combinação das regras MinRLB e MinR encontrou as melhores soluções, em média, para a maioria das famílias testadas. As regras MaxPWD+ e MaxPWD- inicialmente encontraram boas soluções, porém o seu tempo de execução elevado as torna seu uso inviável em métodos mais sofisticados.

Para as instâncias de pequeno porte, as heurísticas básicas para o ALWABP com estações em paralelo e para o ALWABP colaborativo conseguiram encontrar soluções muito próximas às soluções ótimas para o ALWABP serial, sendo que em alguns casos foram encontradas soluções com tempo de ciclo menor do que as soluções ótimas para o problema serial. Para instâncias de médio e grande porte, a heurística conseguiu encontrar boas soluções, que podem ser utilizadas em uma futura meta-heurística.

Os testes forçando o paralelismo mostraram que modificações nas heurísticas podem levar a novas soluções melhores do que aquelas encontradas pelas heurísticas básicas. Em especial, para instâncias de médio e grande porte, a heurística PS conseguiu encontrar soluções melhores do que aquelas encontradas pela heurística básica para o ALWABP com estações em paralelo.

7 *Conclusões e Passos futuros*

Neste trabalho, apresentamos duas extensões para o problema ALWABP. A primeira permite o uso de estações paralelas, enquanto que a segunda permite que dois ou mais trabalhadores executem tarefas sobre um mesmo produto, suprimindo as dificuldades um do outro. Para cada extensão um modelo linear foi desenvolvido e testado em instâncias de pequeno porte. Os resultados indicaram que a introdução de trabalhadores em paralelo, bem como o a introdução de mais de um trabalhador por estação de trabalho, pode ser benéfica, mesmo em situações onde os trabalhadores são completamente distintos uns dos outros, como no caso estudado.

Uma análise dos resultados obtidos pelas instâncias modificadas mostrou que o uso paralelismo permite obter soluções melhores, em especial em casos em que alguns trabalhadores possuem deficiências semelhantes e em casos em que alguns trabalhadores são pouco eficientes. Já o uso de colaboração conseguiu obter melhores soluções em casos em que os tempos de execução dos trabalhadores são bastante distintos.

Para cada uma das extensões foram desenvolvidas heurísticas construtivas. As heurísticas encontraram soluções muito próximas das soluções ótimas para instâncias de pequeno porte. Para instâncias de médio e grande porte, as soluções encontradas pelas heurísticas tem grande potencial para serem utilizadas em futuras meta-heurísticas.

Estes resultados são particularmente interessantes em CTD's, pois permitem o emprego de trabalhadores relativamente bem mais lentos sem penalizar de maneira excessiva a taxa de produção da linha (como seria o caso em configurações seriais). Tais resultados incentivam a continuação desta linha de pesquisa, focando-se possivelmente em métodos heurísticos que permitam a resolução de instâncias maiores, uma vez que é justamente nestas instâncias onde espera-se obter os maiores ganhos devido a flexibilização de *layout* proposta.

De fato, acreditamos que a grande contribuição desta dissertação é mostrar que layouts alternativos podem ser de grande valia no contexto de balanceamento de linhas de produ-

ção com trabalhadores deficientes. Em alguns casos testados, a possibilidade de se usar o ALWABP paralelo ou o ALWABP colaborativo permitiu-se atingir acréscimos de até 20% e 50% de eficiência, respectivamente. Estes resultados abrem portas para novos estudos, envolvendo desenvolvimentos teóricos e também de ordem prática, como os listados na seção seguinte.

7.1 Trabalhos futuros

A formulação para o ALWABP com estações em paralelo mostrou-se pouco eficiente, sendo capaz de resolver de forma exata apenas instâncias muito pequenas. Uma inspeção durante a resolução das instâncias revelou que a solução inicial obtida pelo modelo está muito distante da solução real do problema. Isto mostra que o modelo desenvolvido está muito distante da envoltória convexa do problema. Uma formulação mais forte se faz necessária para resolver instâncias maiores de forma exata. Um passo inicial seria desenvolver limitantes para o nível máximo de paralelismo (parâmetro K_{Max}). Testes iniciais mostraram que valores menores de K_{Max} podem reduzir o tempo de execução em até 50%.

Em relação às heurísticas desenvolvidas, um fato interessante é que elas podem ser utilizadas para gerar soluções para meta-heurísticas. O aumento na qualidade das soluções observado em instâncias de médio e grande porte, com algumas das heurísticas modificadas é um indício que uma meta-heurística GRASP pode ser bastante viável para ambos os problemas.

A flexibilidade obtida com as duas extensões pode também ser útil para o *problema de rotação de tarefas* ^[18]. Conforme dito na seção 2.3, o uso de paralelismo permite que os trabalhadores executem conjuntos de tarefas com tempo total maior que o tempo de ciclo, o que de outro modo poderia reduzir consideravelmente a eficiência da linha de produção. Isto permite que o trabalhador execute tarefas que de outro modo não executaria, por ser pouco eficiente para estas tarefas ou por existir outro trabalhador capaz de executá-las mais rapidamente. Por outro lado, o ALWABP colaborativo permite que um trabalhador execute uma maior variedade de combinações de tarefas, uma vez que as tarefas que ele não consegue executar podem ser realizadas por outros trabalhadores. Os testes mostraram que as tarefas que um trabalhador executa nas soluções para ambas as extensões costumam ser bem diferentes daquelas que ele executa na solução serial. Com isto, temos uma maior variedade de tarefas executadas pelo trabalhador, com pouca

ou nenhuma perda de desempenho da linha de produção, o que é de extrema importância para o *problema de rotação de tarefas*.

Referências Bibliográficas

- 1 Retratos da deficiência no brasil, 2003. Disponível em: http://www.fgv.br/cps/deficiencia_br/PDF/PPD_Sumario_Executivo.pdf, acesso em 26 de janeiro de 2010.
- 2 SIMONELLI, A. P.; DA SILVA RODRIGUES, D.; SOARES, L. Caracterização do perfil de trabalhadores afastados e de pessoas com deficiência no mercado de trabalho do município de são carlos. In: . c2006.
- 3 SIMONELLI, A. P. *Contribuições da análise da atividade e do modelo social para a inclusão no trabalho de pessoas com deficiência*. 2009. Tese de Doutorado - Universidade Federal de São Carlos, 2009.
- 4 MIRALLES, C.; GARCIA-SABATER, J. P.; ANDRÉS, C.; CARDOS, M. Advantages of assembly lines in sheltered work centres for disabled. *International Journal of Production Economics*, v. 110, p. 187–197, 2007.
- 5 MOREIRA, M. C. O.; COSTA, A. M. Simple heuristics for the assembly line and worker assignment balancing problem. Working Paper, 2009.
- 6 BECKER, C.; SCHOLL, A. A survey on methods in generalized assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*, v. 168, p. 694–715, 2006.
- 7 BAYBARS, I. A survey of exact algorithms for the simple assembly line balancing problem. *Management Science*, v. 32, p. 909–932, 1986.
- 8 BOYSEN, N.; FLIEDNER, M.; SCHOLL, A. A classification of assembly line balancing problem. *European Journal of Operational Research*, v. 183, p. 674–693, 2007.
- 9 BOYSEN, N.; FLIEDNER, M.; SCHOLL, A. Assembly line balancing: Which model to use and when? *International Journal of Production Economics*, v. 111, p. 509–528, 2008.
- 10 AMEN, M. Heuristic methods for cost-oriented assembly line balancing: A survey. *International Journal of Production Economics*, v. 68, p. 1–14, 2000.
- 11 AMEN, M. Heuristic methods for cost-oriented assembly line balancing: A comparison on solution quality and computing time. *International Journal of Production Economics*, v. 69, p. 255–264, 2001.
- 12 AMEN, M. Cost-oriented assembly line balancing: Model formulations, solution difficulty, upper and lower bounds. *European Journal of Operational Research*, v. 168, p. 747–770, 2006.

- 13 CHAVES, A. A. *Uma metaheurística híbrida de busca por agrupamentos aplicada a problemas de otimização combinatória*. 2009. Tese de Doutorado - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2009.
- 14 CHAVES, A. A.; MIRALLES, C.; LORENA, L. A. N. Clustering search approach for the assembly line worker assignment and balancing problem. *International Conference on Computers and Industrial Engineering*, v. 37, p. 10, 2007.
- 15 CHAVES, A. A.; LORENA, L. A. N.; MIRALLES, C. Hybrid metaheuristic for the assembly line worker assignment and balancing problem. *Lecture Notes on Computer Science*, v. 5818, p. 1–14, 2008.
- 16 MOREIRA, M. C. O.; COSTA, A. M. A minimalist yet efficient tabu search algorithm for balancing assembly lines with disabled workers, 2009.
- 17 SCHOLL, A.; VOSS, S. Simple assembly line balancing - heuristic approaches. *Journal of Heuristics*, v. 2, p. 217–244, 1996.
- 18 COSTA, A. M.; MIRALLES, C. Job rotation in assembly lines employing disabled workers. *International Journal of Production Economics*, v. 120, p. 625–632, 2009.
- 19 BECKER, C.; SCHOLL, A. Balancing assembly lines with variable parallel workplaces: Problem definition and effective solution procedure. *European Journal of Operational Research*, v. 199, p. 359–374, 2009.
- 20 BOYSEN, N.; FLIEDNER, M. A versatile algorithm for assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*, v. 184, p. 39–56, 2006.
- 21 BUKCHIN, J.; RUBINOVITZ, J. A weighted approach for assembly line design with station paralleling and equipment selection. *IIE Transactions*, v. 35, p. 73–85, 2003.
- 22 EGE, Y.; AZIZOGLU, M.; OZDEMIREL, N. E. Assembly line balancing with station paralleling. *Computers & Industrial Engineering*, v. 57, p. 1218–1225, 2009.
- 23 PLEBANI, L. J.; CHEN, S. Balancing u-shaped assembly lines with parallel stations. Technical report, Lehigh University, 2006.
- 24 SüER, G. A. Designing parallel assembly lines. *Computers & industrial engineering*, v. 35, p. 467–470, 1998.
- 25 TIACCI, L.; SAETTA, S. Process-oriented simulation for mixed-model assembly lines, 2007.
- 26 MCMULLEN, P. R.; FRAZIER, G. V. A heuristic for solving mixed-model line balancing problems with stochastic task durations and parallel stations. *International Journal of Production Economics*, v. 51, p. 177–190, 1997.
- 27 GAITHER, N. *Production and operations management*. 7. ed. Duxbury Press, 1996.
- 28 SIMARIA, A. S.; VILARINHO, P. M. A genetic algorithm based approach to the mixed-model assembly line balancing problem of type ii. *Computers & Industrial Engineering*, v. 47, p. 391–407, 2004.

- 29 ARAÚJO, F. F. B.; COSTA, A. M.; MIRALLES, C. Balanceando linhas de produção com trabalhadores deficientes e estações paralelas, 2010.
- 30 ARAÚJO, F. F. B.; COSTA, A. M.; MIRALLES, C. Extensão do problema alwabp: melhorando a flexibilidade através de estações paralelas, 2010.
- 31 ARAÚJO, F. F. B.; COSTA, A. M. A linear model for the assembly line and worker assignment balancing problem with parallel workstations, 2010.
- 32 SCHOLL, A.; BECKER, C. State-of-the-art exact and heuristic solution procedures for simple assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*, v. 168, p. 666–693, 2006.

APÊNDICE A – Resultados detalhados dos testes computacionais

As tabelas a seguir apresentam, de forma detalhada, os resultados obtidos pelas heurísticas nas sessões 5.3 e 5.4.

A.1 Heurística para o ALWABP com estações em paralelo

As tabelas a seguir apresentam de forma resumida os resultados obtidos pela heurística para o ALWABP com estações em paralelo. Cada linha representa uma regra de prioridade para as tarefas, enquanto que cada coluna representa uma regra de seleção de trabalhadores. Cada coluna está dividida em duas colunas menores. A coluna C% indica a distância, em média, entre a solução encontrada pela heurística e a melhor solução conhecida na literatura para o ALWABP serial. Já a coluna T indica o tempo médio de execução da heurística, em milissegundos.

As tabelas 18, 19, 20 e 21 apresentam, respectivamente, os resultados obtidos para as famílias Roszieg, Heskia, Tonge e Wee-mag. Além disso, as tabelas 22, 23, 24 e 25 apresentam os resultados obtidos para as famílias Roszieg mod 1, Roszieg mod 2, Heskia mod 1 e Heskia mod 2, respectivamente. A combinação de critérios que obteve os melhores resultados é destacada em negrito para cada família de instâncias.

Para a família Roszieg, o critério MinR combinado com os critérios MaxTasks2, MaxTasks3 e MaxTasksK encontrou os melhores resultados, em relação ao tempo de ciclo, para $K_{Max} = 2$. Para $K_{Max} = 3$ o critério MinR também encontrou bons resultados quando combinado com MaxTasksK e MaxTasks3. Para $K_{Max} = 2$, as melhores soluções encontradas entre todas as combinações de critérios estavam, em média, a 2,73% da melhor solução conhecida para o ALWABP serial, sendo que em uma das instâncias conseguimos encontrar uma solução 1,62% melhor do que a melhor solução para o ALWABP serial.

Tabela 18: Resultados da heurística para o ALWABP com estações em paralelo para a família Roszieg

		$K_{Max}=2$															
	MaxTasks1	MaxTasks1.2	MaxTasks1.4	MaxTasks1.6	MaxTasks1.8	MaxTasks2	MaxTasks3	MaxTasksK	MinRLB								
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%
MinD	25.45%	5.54	20.80%	5.28	16.14%	5.16	12.54%	5.05	11.04%	5.14	10.02%	5.36	10.09%	5.55	10.09%	5.8	12.56%
MinR	24.67%	5.36	20.53%	5.25	15.31%	4.93	11.73%	4.99	9.93%	5.03	9.30%	5.39	9.22%	5.45	9.28%	5.53	12.87%
MaxLTime	30.60%	6.1	26.08%	5.93	22.15%	5.9	17.15%	5.8	15.61%	5.96	14.55%	6.19	15.05%	6.38	14.36%	6.34	12.88%
MaxFTime	30.11%	5.95	25.87%	5.68	21.69%	5.79	18.28%	5.69	17.06%	5.85	16.04%	6.14	16.80%	6.26	16.11%	6.29	10.81%
MaxPWS+	29.35%	4.45	24.81%	3.15	19.36%	6.14	17.47%	3.91	16.16%	4.71	15.13%	6.13	14.92%	5.41	15.05%	5.34	10.63%
MaxPWS-	28.64%	7.66	24.29%	5.49	19.24%	5.64	17.02%	6.01	16.06%	4.05	15.11%	5.43	14.73%	6.56	14.76%	5.38	11.44%
MaxPWD+	26.04%	94.54	22.78%	92.38	17.52%	89.36	14.86%	89.7	13.07%	92.21	11.87%	95.96	11.66%	99.78	11.97%	100.23	9.72%
MaxPWD-	26.04%	96.41	22.48%	92.41	17.18%	88.31	14.90%	90.68	13.36%	93.25	12.35%	96.93	11.66%	98.53	11.91%	98.25	12.32%
$K_{Max}=3$																	
	MaxTasks1	MaxTasks1.2	MaxTasks1.4	MaxTasks1.6	MaxTasks1.8	MaxTasks2	MaxTasks3	MaxTasksK	MinRLB								
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%
MinD	26.27%	7.75	22.20%	7.85	19.37%	8	15.60%	6.83	13.94%	7.64	12.39%	9.25	10.22%	6.8	10.09%	8.26	12.56%
MinR	26.10%	8.85	22.16%	7.4	18.59%	7.36	14.98%	6.79	12.92%	8.23	11.85%	6.6	9.34%	8.01	9.28%	8.79	12.87%
MaxLTime	32.08%	8.73	28.36%	8.39	25.16%	9.01	20.49%	8	19.28%	8.39	17.32%	10.09	15.37%	8.6	14.36%	8.43	12.88%
MaxFTime	31.76%	7.86	28.21%	8.79	23.86%	8.56	21.27%	7.2	20.08%	9.74	18.26%	8.96	17.05%	8.94	16.11%	8.94	10.81%
MaxPWS+	31.34%	8.45	27.44%	7.43	22.86%	7.21	20.74%	7.99	19.89%	7.19	18.23%	7.18	15.24%	8.39	15.05%	6.71	10.63%
MaxPWS-	30.96%	8.18	26.92%	7.08	22.39%	7.03	20.42%	7.19	19.10%	8.95	17.43%	8.89	14.73%	7.79	14.76%	9.14	11.44%
MaxPWD+	27.52%	138.15	25.13%	136.56	21.20%	133.4	19.75%	133.79	17.45%	136.09	15.06%	139.58	11.84%	145.8	11.97%	147.55	9.72%
MaxPWD-	27.93%	139.16	25.13%	134.5	20.81%	129.86	19.12%	133	17.34%	135.49	15.29%	141.14	11.84%	145.7	11.91%	147.31	12.32%

Tabela 19: Resultados da heurística para o ALWABP com estações em paralelo para a família Heskia

		$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$											
		MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB							
		C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T						
MinD		40,30%	49	26,03%	41	21,30%	40	18,79%	41	18,02%	41	18,02%	40	18,52%	43	18,70%	44	10,68%	38						
MinR		41,31%	50	28,67%	44	20,84%	41	18,14%	38	16,85%	39	17,00%	40	17,21%	40	17,30%	40	8,44%	36						
MaxIFTTime		53,92%	69	34,93%	59	29,06%	55	27,98%	56	27,47%	56	27,96%	56	28,08%	59	28,33%	59	19,15%	55						
MaxFTime		53,07%	66	38,22%	59	27,98%	55	27,23%	54	26,77%	55	27,31%	55	27,84%	58	27,91%	58	15,92%	50						
MaxPWS+		47,88%	55	39,46%	50	31,28%	45	27,13%	45	25,36%	44	25,06%	48	23,64%	49	24,83%	49	15,80%	48						
MaxPWS-		48,12%	51	39,64%	48	32,41%	44	28,77%	46	26,60%	45	25,96%	48	24,43%	52	26,09%	51	16,39%	49						
MaxPWD+		37,92%	312	29,86%	289	22,64%	272	18,33%	260	17,04%	269	16,36%	283	15,80%	283	16,40%	288	8,28%	230						
MaxPWD-		36,53%	306	29,14%	283	21,91%	262	18,40%	261	16,94%	263	16,41%	280	15,37%	269	16,08%	274	6,37%	213						
		MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB							
		C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T						
MinD		50,78%	90	35,97%	81	27,25%	75	22,53%	72	20,16%	71	18,10%	68	18,45%	70	18,70%	72	10,54%	65						
MinR		52,80%	93	38,19%	81	27,72%	72	21,30%	71	18,71%	66	17,37%	66	17,09%	67	17,30%	67	8,44%	60						
MaxIFTTime		60,62%	120	42,96%	105	33,14%	96	30,90%	99	29,42%	96	28,31%	94	28,06%	97	28,33%	98	19,12%	93						
MaxFTime		60,07%	117	46,23%	105	32,06%	93	30,41%	95	29,52%	95	28,32%	94	27,90%	93	27,91%	95	15,92%	84						
MaxPWS+		58,68%	94	49,69%	87	41,99%	79	34,24%	75	29,78%	74	27,29%	76	24,46%	81	24,84%	83	15,80%	77						
MaxPWS-		61,39%	97	50,34%	88	42,45%	81	36,33%	76	31,50%	77	28,17%	78	24,68%	85	26,10%	87	16,39%	78						
MaxPWD+		50,99%	590	41,45%	538	30,72%	469	25,55%	458	20,93%	450	18,57%	459	15,73%	465	16,42%	481	8,28%	372						
MaxPWD-		51,10%	592	41,04%	528	32,57%	484	25,37%	464	19,98%	436	17,56%	443	15,64%	446	16,36%	460	6,37%	342						

Tabela 20: Resultados da heurística para o ALWABP com estações em paralelo para a família Tonge

		$K_{Max}=2$															
	MaxTasks1	MaxTasks1.2	MaxTasks1.4	MaxTasks1.6	MaxTasks1.8	MaxTasks2	MaxTasks3	MaxTasksK	MinRLB								
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%
MinD	78,00%	1096	61,42%	1020	44,22%	967	39,39%	939	36,58%	944	35,52%	965	34,68%	967	36,04%	988	37,56%
MinR	78,60%	1094	60,55%	988	44,30%	948	36,93%	932	34,04%	926	32,55%	930	32,14%	942	32,77%	950	35,73%
MaxFTime	79,82%	1098	61,80%	1001	48,18%	975	41,79%	965	39,05%	956	37,29%	969	36,68%	977	37,44%	989	37,36%
MaxFTime	79,59%	1233	61,74%	1124	46,13%	1065	41,12%	1082	39,00%	1083	37,27%	1088	36,19%	1091	36,87%	1095	36,31%
MaxPWS+	79,33%	959	67,95%	896	56,32%	855	48,13%	848	42,62%	835	38,91%	840	37,19%	873	38,37%	865	39,67%
MaxPWS-	84,88%	983	73,48%	918	58,06%	858	53,75%	887	47,81%	873	45,54%	907	44,27%	966	45,56%	939	47,78%
MaxPWD+	77,12%	32602	60,31%	30096	45,94%	29058	38,03%	28607	36,52%	29324	32,88%	29379	30,12%	29103	31,16%	29503	31,39%
MaxPWD-	73,25%	31722	59,26%	29121	42,79%	27889	35,88%	27934	32,05%	27411	28,97%	27435	28,11%	27788	28,40%	27753	30,84%
$K_{Max}=3$																	
	MaxTasks1	MaxTasks1.2	MaxTasks1.4	MaxTasks1.6	MaxTasks1.8	MaxTasks2	MaxTasks3	MaxTasksK	MinRLB								
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%
MinD	99,88%	4787	87,64%	4547	71,28%	4382	59,62%	4350	49,64%	4131	41,80%	3895	36,16%	3924	36,15%	3986	37,56%
MinR	99,90%	4803	89,70%	4517	72,82%	4252	57,43%	4146	49,13%	4104	42,61%	4033	33,49%	3828	32,93%	3862	35,75%
MaxFTime	104,29%	4560	92,79%	4271	79,16%	4188	60,56%	4045	50,03%	3854	45,11%	3903	38,49%	3841	37,92%	3876	37,40%
MaxFTime	103,85%	5139	88,48%	4755	75,63%	4583	61,40%	4620	50,60%	4407	43,55%	4396	38,67%	4363	37,31%	4288	36,31%
MaxPWS+	106,10%	4041	96,96%	3889	84,44%	3691	71,19%	3581	60,38%	3436	51,97%	3364	39,38%	3439	38,41%	3422	39,64%
MaxPWS-	107,69%	4075	99,61%	3894	89,41%	3760	77,95%	3721	68,39%	3609	58,86%	3608	46,01%	3709	45,48%	3790	47,80%
MaxPWD+	99,51%	131957	88,16%	126468	72,78%	123112	60,21%	123065	51,44%	123633	45,15%	121845	33,16%	117091	32,02%	114918	31,41%
MaxPWD-	96,39%	128573	84,84%	119953	73,35%	120849	59,58%	118225	48,32%	115282	39,27%	113416	29,31%	107454	28,48%	106971	30,88%

Tabela 21: Resultados da heurística para o ALWABP com estações em paralelo para a família Wee-mag

		$K_{Max}=2$																		$K_{Max}=3$																	
	MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB																				
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T																			
MinD	101,54%	824	65,46%	689	43,66%	630	38,74%	614	37,06%	608	36,38%	608	35,83%	607	36,15%	610	38,53%	880																			
MinR	105,01%	825	71,68%	709	42,86%	625	37,61%	619	35,09%	604	35,50%	619	35,46%	619	35,83%	626	41,93%	931																			
MaxIFTime	124,83%	843	97,24%	727	69,27%	686	54,72%	658	50,87%	658	49,13%	655	48,90%	655	49,08%	658	50,78%	943																			
MaxFTime	123,16%	981	100,42%	890	70,71%	834	53,53%	788	50,05%	793	48,76%	798	48,49%	793	48,76%	799	47,80%	1052																			
MaxPWS+	161,80%	1049	149,67%	988	126,61%	940	111,14%	941	104,31%	970	103,62%	1044	110,23%	1170	104,33%	1107	117,61%	1743																			
MaxPWS-	172,06%	1117	167,18%	1104	156,33%	1125	145,00%	1164	137,67%	1205	135,78%	1329	142,84%	1515	137,34%	1426	152,48%	2268																			
MaxPWD+	113,40%	8939	93,46%	7819	66,93%	7287	51,33%	6914	46,42%	7015	44,13%	7061	43,90%	7124	44,04%	7084	39,13%	7726																			
MaxPWD-	102,06%	8109	79,15%	7001	52,88%	6449	37,80%	6180	34,31%	6166	33,17%	6259	32,52%	6244	32,94%	6276	25,73%	6635																			
		$K_{Max}=3$																		$K_{Max}=3$																	
	MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB																				
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T																			
MinD	151,14%	4401	132,84%	4351	79,72%	3511	56,10%	3097	45,13%	2871	38,49%	2812	36,16%	2764	36,15%	2770	38,53%	4162																			
MinR	153,90%	4441	137,50%	4296	99,86%	3862	59,55%	3212	44,31%	2923	37,80%	2865	35,60%	2859	35,83%	2878	42,11%	4434																			
MaxIFTime	165,48%	3988	159,06%	3954	130,38%	3477	99,49%	3173	77,77%	3077	56,33%	2905	48,99%	2822	49,08%	2832	50,78%	4286																			
MaxFTime	165,30%	4657	158,07%	4635	135,52%	4299	104,57%	3851	77,25%	3609	56,97%	3503	48,72%	3423	48,76%	3430	47,98%	4705																			
MaxPWS+	177,30%	4043	174,25%	4015	166,48%	4053	152,00%	3902	136,51%	3950	115,05%	3926	101,56%	4376	101,76%	4724	114,40%	8195																			
MaxPWS-	179,42%	3989	177,13%	3959	171,47%	4023	165,42%	4164	158,69%	4440	147,61%	4782	133,30%	5700	133,33%	6332	148,94%	10966																			
MaxPWD+	160,63%	44697	151,36%	43582	133,29%	40803	104,80%	34560	76,76%	32163	57,98%	31878	43,90%	31429	44,04%	31539	39,13%	34215																			
MaxPWD-	154,18%	42619	146,18%	41743	119,53%	36343	84,93%	29791	63,58%	28674	40,32%	27465	32,52%	27601	32,94%	27837	25,73%	29494																			

Tabela 22: Resultados da heurística para o ALWABP com estações em paralelo para a família Roszieg mod 1

	$K^{Max}=2$																	
	MaxTasks1	MaxTasks1.2	MaxTasks1.4	MaxTasks1.6	MaxTasks1.8	MaxTasks2	MaxTasks3	MaxTasksK	MinRLB									
MinD	39,08%	9	33,57%	9	32,08%	9	30,61%	9	28,96%	9	24,77%	8	22,74%	8	22,49%	8	7,42%	8
MinR	37,82%	9	32,47%	9	29,67%	8	28,50%	8	25,32%	8	22,76%	8	22,19%	8	21,74%	8	6,92%	8
MaxIFTtime	41,06%	10	34,22%	9	31,24%	9	29,61%	9	29,62%	9	27,34%	9	26,10%	9	26,10%	10	9,27%	9
MaxFTime	36,86%	9	31,56%	9	25,94%	8	24,47%	8	23,42%	8	23,01%	8	22,51%	9	22,11%	9	7,50%	8
MaxPWS+	35,20%	9	31,39%	8	28,30%	8	24,81%	8	21,39%	8	19,77%	7	18,99%	8	18,42%	8	8,31%	8
MaxPWS-	34,79%	9	30,75%	8	27,73%	8	24,65%	8	20,34%	7	18,80%	7	17,52%	8	16,91%	7	7,17%	8
MaxPWD+	31,90%	143	25,21%	133	20,81%	126	18,22%	124	16,92%	121	15,64%	121	14,83%	128	14,26%	126	5,38%	117
MaxPWD-	31,82%	143	27,28%	135	22,93%	129	19,69%	125	17,98%	123	15,89%	122	15,16%	128	14,51%	126	4,48%	114
	$K^{Max}=3$																	
	MaxTasks1	MaxTasks1.2	MaxTasks1.4	MaxTasks1.6	MaxTasks1.8	MaxTasks2	MaxTasks3	MaxTasksK	MinRLB									
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T
MinD	30,61%	9	28,96%	9	24,77%	8	22,74%	8	22,49%	8	33,57%	9	32,08%	9	39,08%	9	7,42%	8
MinR	28,50%	8	25,32%	8	22,76%	8	22,19%	8	21,74%	8	32,47%	9	29,67%	8	37,82%	9	6,92%	8
MaxIFTtime	29,61%	9	29,62%	9	27,34%	9	26,10%	10	34,22%	9	31,24%	9	31,24%	9	41,06%	10	9,27%	9
MaxFTime	24,47%	8	23,42%	8	23,01%	8	22,51%	9	22,11%	9	31,56%	9	25,94%	8	36,86%	9	7,50%	8
MaxPWS+	24,81%	8	21,39%	8	19,77%	7	18,99%	8	18,42%	8	31,39%	8	28,30%	8	35,20%	9	8,31%	8
MaxPWS-	24,65%	8	20,34%	7	18,80%	7	17,52%	8	16,91%	7	30,75%	8	27,73%	8	34,79%	9	7,17%	8
MaxPWD+	18,22%	124	16,92%	121	15,64%	121	14,83%	128	14,26%	126	25,21%	133	20,81%	126	31,90%	143	5,38%	117
MaxPWD-	19,69%	125	17,98%	123	15,16%	122	14,51%	126	27,28%	135	22,93%	129	22,93%	129	31,82%	143	4,48%	114

Tabela 23: Resultados da heurística para o ALWABP com estações em paralelo para a família Roszieg mod 2

		$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$											
		MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB							
		C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T
MinD		32,94%	8	22,25%	6	17,40%	8	15,13%	6	15,10%	8	14,11%	5	13,77%	9	13,88%	9	14,60%	8						
MinR		29,91%	7	21,42%	7	16,98%	8	15,67%	6	14,58%	9	13,77%	8	13,33%	7	13,55%	7	14,13%	9						
MaxIFTTime		36,37%	10	24,44%	7	21,91%	9	17,19%	7	15,44%	8	14,90%	8	14,56%	7	14,46%	9	14,68%	10						
MaxFTime		35,22%	9	23,70%	5	21,95%	8	18,39%	9	18,14%	7	15,65%	9	15,90%	8	15,92%	7	12,17%	11						
MaxPWS+		31,59%	7	21,68%	7	18,44%	4	17,23%	9	15,31%	6	14,11%	8	13,77%	6	13,88%	7	13,30%	9						
MaxPWS-		26,92%	4	21,70%	7	18,77%	5	15,45%	6	14,63%	9	13,30%	4	12,43%	9	12,65%	11	12,52%	8						
MaxPWD+		29,03%	123	22,95%	117	19,30%	120	16,04%	122	15,38%	124	13,88%	128	13,55%	135	13,34%	133	13,46%	140						
MaxPWD-		27,24%	119	21,11%	114	16,49%	115	13,76%	115	14,29%	122	12,76%	128	11,87%	131	12,32%	130	11,63%	138						
		$K_{Max}=3$												$K_{Max}=3$											
		MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB							
		C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T
MinD		31,91%	9	21,87%	8	20,00%	11	17,64%	9	17,24%	11	14,31%	11	13,77%	11	13,88%	12	14,35%	15						
MinR		29,16%	10	21,10%	8	19,90%	10	18,24%	11	17,44%	9	13,90%	9	13,33%	11	13,55%	13	13,94%	16						
MaxIFTTime		35,56%	12	24,63%	10	21,74%	9	18,51%	11	17,35%	10	14,93%	12	14,56%	13	14,46%	9	14,74%	15						
MaxFTime		34,43%	13	24,40%	7	22,60%	11	19,40%	11	18,85%	10	15,76%	10	15,78%	11	15,92%	14	12,05%	14						
MaxPWS+		31,95%	9	22,61%	10	20,49%	7	17,96%	11	16,97%	9	13,88%	11	13,77%	11	13,88%	12	13,30%	13						
MaxPWS-		27,47%	9	22,55%	8	20,32%	10	17,28%	9	16,52%	11	13,45%	9	12,43%	10	12,65%	12	12,52%	12						
MaxPWD+		29,77%	177	23,45%	169	21,80%	171	17,97%	172	17,32%	178	14,28%	182	13,32%	197	13,34%	199	13,46%	207						
MaxPWD-		27,95%	172	21,57%	166	19,27%	163	16,37%	168	15,13%	172	12,60%	177	11,87%	195	12,32%	196	11,63%	201						

Tabela 24: Resultados da heurística para o ALWABP com estações em paralelo para a família Heskia mod 1

		$K_{Max}=2$																
	MaxTasks1	MaxTasks1.2	MaxTasks1.4	MaxTasks1.6	MaxTasks1.8	MaxTasks2	MaxTasks3	MaxTasksK	MinRLB									
MinD	48,44%	61	36,58%	45	25,51%	38	24,53%	39	24,32%	39	24,42%	41	24,19%	39	24,19%	39	8,38%	36
MinR	60,32%	62	28,85%	41	23,73%	37	13,41%	34	13,48%	37	13,44%	36	13,37%	38	13,37%	36	7,84%	36
MaxIFTtime	60,90%	78	44,20%	65	40,24%	59	42,57%	66	42,17%	67	42,52%	68	42,52%	67	42,52%	67	19,37%	55
MaxFTime	58,77%	75	42,29%	58	35,73%	54	36,00%	57	35,82%	57	36,12%	62	36,12%	58	36,12%	59	18,70%	54
MaxPWS+	55,72%	57	26,33%	45	20,24%	38	19,43%	39	19,26%	41	17,31%	41	16,85%	43	17,46%	42	11,44%	44
MaxPWS-	54,87%	57	30,93%	44	24,01%	42	20,03%	38	19,18%	39	17,52%	39	17,00%	43	17,28%	40	12,16%	43
MaxPWD+	50,02%	328	19,44%	224	16,07%	216	13,27%	206	12,21%	210	11,79%	214	11,31%	222	11,53%	217	6,42%	196
MaxPWD-	46,11%	305	16,77%	211	13,05%	199	10,48%	189	9,81%	194	9,54%	198	9,93%	212	9,58%	203	5,60%	191
		$K_{Max}=3$																
	MaxTasks1	MaxTasks1.2	MaxTasks1.4	MaxTasks1.6	MaxTasks1.8	MaxTasks2	MaxTasks3	MaxTasksK	MinRLB									
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T
MinD	71,26%	102	49,12%	80	31,24%	57	25,75%	51	24,98%	52	24,53%	53	24,19%	52	24,19%	52	8,38%	44
MinR	81,05%	106	44,51%	78	29,23%	53	15,89%	47	14,55%	49	13,61%	49	13,37%	49	13,37%	50	7,84%	46
MaxIFTtime	83,68%	130	56,00%	101	45,97%	89	43,70%	89	42,27%	87	42,52%	90	42,52%	90	42,52%	90	19,37%	73
MaxFTime	81,60%	123	54,83%	99	41,74%	81	36,67%	74	36,20%	78	36,12%	77	36,12%	79	36,12%	80	18,70%	71
MaxPWS+	69,43%	82	42,48%	65	27,69%	55	23,79%	53	21,46%	52	20,18%	54	17,43%	56	17,55%	55	11,44%	56
MaxPWS-	73,69%	85	48,69%	71	32,86%	62	27,88%	58	24,19%	56	21,52%	53	17,48%	55	17,99%	56	12,16%	57
MaxPWD+	66,61%	497	37,71%	370	24,10%	330	17,65%	287	15,47%	282	12,35%	270	11,35%	287	11,53%	284	6,42%	255
MaxPWD-	65,15%	479	24,29%	314	17,63%	277	15,96%	273	14,35%	275	12,17%	270	9,93%	274	9,58%	268	5,60%	245

Tabela 25: Resultados da heurística para o ALWABP com estações em paralelo para a família Heskia mod 2

	$K_{Max}=2$																				$K_{Max}=3$																			
	MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB				MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB			
MinD	34,22%	74	24,17%	68	21,20%	69	20,45%	70	19,24%	69	20,24%	71	20,26%	72	20,26%	71	10,39%	72																						
MinR	34,20%	74	24,56%	69	18,09%	66	18,60%	71	17,41%	72	18,99%	73	19,08%	73	19,08%	74	8,84%	73																						
MaxIFTime	49,61%	114	33,21%	91	28,30%	93	30,46%	100	29,99%	98	31,13%	101	31,90%	102	31,90%	103	18,16%	98																						
MaxFTime	49,75%	105	34,29%	91	27,65%	88	29,23%	93	28,89%	93	30,86%	98	31,53%	100	31,53%	100	17,16%	95																						
MaxPWS+	38,90%	76	34,75%	74	28,63%	72	25,82%	74	25,41%	77	25,99%	83	25,02%	86	25,98%	85	15,50%	88																						
MaxPWS-	41,60%	76	38,08%	76	33,58%	75	31,65%	77	29,54%	79	28,24%	82	25,78%	84	28,11%	84	14,96%	86																						
MaxPWD+	31,17%	455	24,89%	429	22,05%	434	21,11%	456	20,05%	467	20,59%	486	19,95%	493	20,49%	494	8,94%	433																						
MaxPWD-	29,27%	442	23,30%	417	20,25%	418	19,51%	442	17,78%	447	19,21%	478	18,62%	485	19,12%	486	6,71%	404																						
MinD	41,82%	125	33,77%	120	23,52%	109	21,05%	112	20,59%	114	19,57%	113	20,26%	116	20,26%	116	10,90%	114																						
MinR	42,58%	127	33,73%	118	24,39%	109	19,74%	109	18,09%	110	18,94%	114	19,08%	115	19,08%	115	9,05%	112																						
MaxIFTime	49,95%	163	39,11%	148	30,48%	143	30,67%	152	29,92%	153	31,13%	160	31,90%	162	31,90%	163	18,00%	151																						
MaxFTime	48,77%	156	39,91%	146	31,28%	140	29,21%	144	29,24%	147	31,36%	155	31,53%	156	31,53%	156	16,69%	145																						
MaxPWS+	47,39%	125	42,39%	119	37,21%	114	30,64%	110	28,32%	112	27,50%	122	25,46%	134	26,00%	134	15,13%	137																						
MaxPWS-	49,91%	125	43,50%	118	43,22%	122	38,87%	119	34,73%	119	29,97%	119	25,94%	129	28,13%	133	14,87%	132																						
MaxPWD+	46,35%	826	39,19%	764	31,45%	707	28,45%	721	24,68%	712	23,69%	750	20,28%	763	20,71%	766	8,81%	651																						
MaxPWD-	44,30%	797	38,21%	756	30,57%	705	24,69%	682	20,21%	664	20,11%	710	18,67%	745	19,12%	749	6,64%	614																						

Uma solução é considerada melhor que outra caso seu tempo de ciclo seja menor. Já para $K_{Max} = 3$ as melhores soluções estão, em média, a 2,84% da melhor solução conhecida para o ALWABP serial.

Para a família Heskia, o critério MinRLB combinado com os critérios MinR, MaxPWD+ e MaxPWD- encontrou as melhores soluções em termos de tempo de ciclo, tanto para $K_{Max} = 2$ quanto para $K_{Max} = 3$. As melhores soluções encontradas entre todas as combinações de critérios estavam, em média a 4,04% das melhores soluções conhecidas para $K_{Max} = 2$ e a 2,89% para $K_{Max} = 3$. Para $K_{Max} = 2$ a heurística conseguiu encontrar soluções para 5 instâncias que são melhores que as respectivas melhores soluções conhecidas para o ALWABP serial. Já para $K_{Max} = 3$, em 9 instâncias, as melhores soluções encontradas são melhores do que as melhores soluções conhecidas para o ALWABP serial.

A regra MaxPWD-, quando combinada com as regras MaxTasks2, MaxTasks3 e MaxTasksK, encontrou as soluções com menor tempo de ciclo, em média, para $K_{Max} = 2$. Já para $K_{Max} = 3$, as soluções de menor tempo de ciclo foram encontradas pela regra MaxPWD+ combinado com MaxTasks3, MaxTasksK e MinRLB. No entanto, a regra MaxPWD+, assim como MaxPWD-, apresentaram alto custo computacional. Estas regras demoraram entre 30 e 40 vezes o tempo necessário para a execução da heurística com as outras regras. As melhores soluções encontradas estavam, em média, a 19,5% da melhor solução conhecida para o ALWABP serial, para $K_{Max} = 2$, e a 19,9% para $K_{Max} = 3$. Para $K_{Max} = 2$ encontramos também uma solução cujo tempo de execução é 3% menor que a melhor solução conhecida para o ALWABP serial.

Para a família Wee-mag, a regra MaxPWD+ quando combinada com a regra MinRLB encontrou as soluções com os menores tempos de ciclo em média. As melhores soluções encontradas estavam em média a 21,78% da melhor solução conhecida, tanto para $K_{Max} = 2$ quanto para $K_{Max} = 3$. Assim como ocorreu na família Tonge, o tempo de execução da heurística utilizando as regras MaxPWD+ e MaxPWD- foi superior ao tempo de execução utilizando as demais regras.

Os tempos de execução das melhores soluções encontradas para a família Roszieg mod 1 estavam, em média, a 1% das respectivas melhores soluções conhecida para o ALWABP serial, tanto para $K_{Max} = 2$ quanto para $K_{Max} = 3$. A heurística conseguiu encontrar uma instância cujo tempo de ciclo é 2,94% menor que o tempo de ciclo da melhor solução para o ALWABP serial. Os melhores valores de tempo de ciclo em média foram encontrados pela combinação das regras MaxPWD+ e MinRLB.

Para a família Roszieg mod 2, as melhores soluções encontradas estavam, em média,

a 3,32% das melhores soluções para o ALWABP serial para $K_{Max} = 2$ e a 3,2% para $K_{Max} = 3$. Uma das soluções encontradas representou uma melhoria de 4,76% sobre o tempo de ciclo da solução ótima da mesma instância para o ALWABP serial. Para esta família, a regra MaxPWD+, quando combinada com a regra MinRLB, apresentou as melhores soluções em média.

Para a família Heskia mod 1, as soluções encontradas estavam, em média, a 2,2% das melhores soluções para o ALWABP serial tanto para $K_{Max} = 2$ quanto para $K_{Max} = 3$. A heurística foi capaz de encontrar soluções para duas instâncias cujos tempos de ciclo são menores que as das respectivas soluções ótimas para o ALWABP serial. A combinação das regras MinRLB e MaxPWD+ encontrou as melhores soluções, em média.

Por fim, para a família Heskia mod 2, as melhores soluções encontradas estavam, em média, a 3,08% da solução ótima para o ALWABP serial para $K_{Max} = 2$, e a 3,12% para $K_{Max} = 3$. A heurística foi capaz de encontrar seis soluções melhores que as respectivas soluções para o ALWABP serial. As soluções com menores tempos de ciclo em média foram encontradas pela combinação das regras MinRLB e MaxPWD+.

Apesar de terem encontrado boas soluções, as regras MaxPWD+ e MaxPWD- apresentaram um custo computacional elevado em relação às demais regras. Em vista disso, decidimos não utilizar estas regras para os testes seguintes.

A.1.1 Testes com as heurísticas modificadas

A seguir, apresentamos os resultados obtidos pelas heurísticas P1, P2, PS e PW para as famílias Roszieg, Heskia, Tonge, Wee-mag, Roszieg e Heskia mod 1 e 2. Foram utilizadas as mesmas regras utilizadas na heurística para o ALWABP com estações em paralelo, com exceção das regras MaxPWD+ e MaxPWD-.

As tabelas 26, 27, 28 e 29 apresentam os resultados obtidos, respectivamente, pelas heurísticas P1, P2, PS e PW para a família Roszieg.

Entre as quatro heurísticas, a heurística P1 teve os piores resultados para a família Roszieg. A heurística não foi capaz de encontrar uma solução utilizando paralelismo em 11 das 80 instâncias desta família. Considerando apenas as soluções viáveis, para $K_{Max} = 2$, as melhores soluções retornadas estavam, em média, a 11,77% das melhores soluções conhecidas para o ALWABP serial e a 13,05% para $K_{Max} = 3$. Observe que, a regra MaxTasks3, quando combinada com a regra MinD, obteve soluções a 10,49% das melhores soluções conhecidas para $K_{Max} = 2$. No entanto, esta regra foi capaz de resolver

Tabela 26: Resultados da heurística P1 para a família Rosznieg

		$K_{Max}=2$																															
MaxTask1		MaxTask1.2				MaxTask1.4				MaxTask1.6				MaxTask1.8				MaxTask2				MaxTask3				MaxTaskK				MinRLB			
C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T				
MinD	28.41%	86.25%	5	24.27%	86.25%	4	19.43%	83.75%	4	18.03%	80.00%	5	23.66%	73.75%	4	31.86%	52.50%	4	10.49%	2.50%	0	40.16%	40.00%	3	24.83%	73.00%	7						
MinR	28.02%	86.25%	5	24.26%	86.25%	3	19.07%	83.75%	5	16.92%	81.25%	5	20.64%	73.75%	5	28.29%	55.00%	5	12.20%	2.50%	0	41.58%	40.00%	4	24.75%	73.00%	7						
MaxFTime	29.77%	86.25%	4	27.16%	86.25%	5	22.27%	83.75%	5	21.83%	80.00%	5	23.02%	72.50%	5	33.49%	61.25%	6	36.24%	6.25%	1	37.90%	45.00%	5	25.43%	76.25%	8						
MaxFTime	30.76%	86.25%	6	27.05%	85.00%	4	23.01%	82.50%	4	22.24%	78.75%	5	24.85%	71.25%	6	37.68%	61.25%	5	24.36%	5.00%	0	45.20%	43.75%	5	27.43%	76.25%	7						
MaxPWS+	29.86%	85.00%	5	24.85%	83.75%	3	19.53%	82.50%	3	19.93%	78.75%	4	25.23%	72.50%	5	32.83%	63.75%	6	16.28%	2.50%	0	39.15%	41.25%	4	28.56%	76.25%	6						
MaxPWS-	30.56%	85.00%	5	25.63%	83.75%	5	20.29%	81.25%	6	20.53%	80.00%	4	26.40%	73.75%	5	31.35%	66.25%	5	-	0.00%	-	35.82%	42.50%	4	28.55%	76.25%	8						
$K_{Max}=3$																																	
MaxTask1		MaxTask1.2				MaxTask1.4				MaxTask1.6				MaxTask1.8				MaxTask2				MaxTask3				MaxTaskK				MinRLB			
C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T				
MinD	29.45%	86.25%	7	26.04%	86.25%	7	23.30%	83.75%	6	22.52%	80.00%	7	27.00%	75.00%	7	30.09%	56.25%	7	37.94%	8.75%	2	39.99%	40.00%	6	24.83%	73.00%	11						
MinR	29.83%	86.25%	7	26.32%	86.25%	6	23.20%	83.75%	7	20.61%	81.25%	7	24.26%	75.00%	6	28.65%	58.75%	6	36.29%	10.00%	2	41.43%	40.00%	6	24.75%	73.00%	11						
MaxFTime	31.64%	86.25%	9	29.95%	86.25%	8	26.08%	83.75%	6	25.83%	80.00%	7	26.43%	72.50%	8	30.81%	61.25%	7	39.83%	12.50%	2	37.64%	45.00%	7	25.43%	76.25%	12						
MaxFTime	32.85%	86.25%	7	29.99%	85.00%	7	26.28%	82.50%	7	26.29%	78.75%	7	27.09%	72.50%	7	31.44%	62.50%	7	35.38%	11.25%	2	45.20%	43.75%	7	27.43%	76.25%	11						
MaxPWS+	32.43%	85.00%	7	28.27%	83.75%	5	24.17%	82.50%	6	24.37%	78.75%	6	27.94%	73.75%	7	30.39%	63.75%	7	36.76%	10.00%	1	39.15%	41.25%	6	28.56%	76.25%	11						
MaxPWS-	33.56%	85.00%	7	29.06%	83.75%	7	24.54%	81.25%	6	24.51%	80.00%	6	28.01%	73.75%	6	29.95%	65.00%	7	36.85%	11.25%	2	35.82%	42.50%	6	28.55%	76.25%	11						

Tabela 27: Resultados da heurística P2 para a família Rosznieg

		$K_{Max}=2$																		$K_{Max}=3$																																	
		MaxTasks1						MaxTasks1.2						MaxTasks1.4						MaxTasks1.6						MaxTasks1.8						MaxTasks2						MaxTasks3						MaxTasksK						MinRLB			
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T													
MinD	MaxPWS-	48.94%	100.00%	8	52.52%	100.00%	6	49.42%	100.00%	7	56.56%	100.00%	9	65.72%	100.00%	9	70.04%	100.00%	11	116.24%	100.00%	14	70.12%	100.00%	9	47.48%	100.00%	11	46.03%	100.00%	11	46.03%	100.00%	11	46.03%	100.00%	11	46.03%	100.00%	11	46.03%	100.00%	11										
MinR	MaxPWS-	48.48%	100.00%	7	51.87%	100.00%	6	48.93%	100.00%	7	53.19%	100.00%	9	64.75%	100.00%	8	68.84%	100.00%	11	115.17%	100.00%	14	68.98%	100.00%	10	46.03%	100.00%	11	46.03%	100.00%	11	46.03%	100.00%	11	46.03%	100.00%	11	46.03%	100.00%	11	46.03%	100.00%	11										
MaxFTime	MaxPWS+	50.27%	100.00%	7	57.37%	100.00%	8	53.90%	100.00%	9	61.07%	100.00%	9	68.62%	100.00%	9	72.57%	100.00%	12	116.68%	100.00%	16	72.80%	100.00%	10	46.83%	100.00%	12	46.83%	100.00%	12	46.83%	100.00%	12	46.83%	100.00%	12	46.83%	100.00%	12	46.83%	100.00%	12										
MaxPWS+	MaxPWS+	49.11%	100.00%	7	58.18%	100.00%	8	56.27%	100.00%	8	63.75%	100.00%	9	67.67%	100.00%	9	74.13%	100.00%	11	117.49%	100.00%	16	74.31%	100.00%	11	46.41%	100.00%	10	46.41%	100.00%	10	46.41%	100.00%	10	46.41%	100.00%	10	46.41%	100.00%	10	46.41%	100.00%	10										
MaxPWS-	MaxPWS-	47.22%	100.00%	6	55.10%	100.00%	7	52.04%	100.00%	8	57.75%	100.00%	8	69.55%	100.00%	9	69.55%	100.00%	9	111.85%	100.00%	15	69.23%	100.00%	9	45.55%	100.00%	11	45.55%	100.00%	11	45.55%	100.00%	11	45.55%	100.00%	11	45.55%	100.00%	11	45.55%	100.00%	11										
		49.56%	100.00%	7	54.60%	100.00%	8	51.55%	100.00%	7	55.53%	100.00%	8	64.17%	100.00%	9	66.85%	100.00%	10	111.66%	100.00%	15	66.74%	100.00%	10	46.17%	100.00%	10	46.17%	100.00%	10	46.17%	100.00%	10	46.17%	100.00%	10	46.17%	100.00%	10	46.17%	100.00%	10										
		MaxTasks1						MaxTasks1.2						MaxTasks1.4						MaxTasks1.6						MaxTasks1.8						MaxTasks2						MaxTasks3						MaxTasksK						MinRLB			
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T													
MinD	MaxPWS-	53.15%	100.00%	10	56.26%	100.00%	11	53.63%	100.00%	10	59.42%	100.00%	11	68.44%	100.00%	13	72.38%	100.00%	14	111.88%	100.00%	21	70.29%	100.00%	14	47.48%	100.00%	16	46.03%	100.00%	16	46.03%	100.00%	16	46.03%	100.00%	16	46.03%	100.00%	16	46.03%	100.00%	16	46.03%	100.00%	16							
MinR	MaxPWS-	52.90%	100.00%	10	55.48%	100.00%	10	53.32%	100.00%	11	56.33%	100.00%	11	67.35%	100.00%	12	71.40%	100.00%	14	110.38%	100.00%	20	69.28%	100.00%	15	46.03%	100.00%	17	46.03%	100.00%	17	46.03%	100.00%	17	46.03%	100.00%	17	46.03%	100.00%	17	46.03%	100.00%	17	46.03%	100.00%	17							
MaxFTime	MaxPWS+	54.87%	100.00%	10	61.15%	100.00%	12	58.10%	100.00%	11	64.19%	100.00%	11	71.67%	100.00%	14	75.00%	100.00%	14	112.57%	100.00%	22	72.88%	100.00%	15	46.89%	100.00%	17	46.89%	100.00%	17	46.89%	100.00%	17	46.89%	100.00%	17	46.89%	100.00%	17	46.89%	100.00%	17	46.89%	100.00%	17							
MaxPWS+	MaxPWS+	53.70%	100.00%	10	62.07%	100.00%	11	59.48%	100.00%	11	66.70%	100.00%	12	70.66%	100.00%	14	76.28%	100.00%	15	112.41%	100.00%	21	74.18%	100.00%	14	46.47%	100.00%	17	46.47%	100.00%	17	46.47%	100.00%	17	46.47%	100.00%	17	46.47%	100.00%	17	46.47%	100.00%	17	46.47%	100.00%	17							
MaxPWS-	MaxPWS-	51.35%	100.00%	9	58.09%	100.00%	10	55.37%	100.00%	9	61.49%	100.00%	10	68.27%	100.00%	11	72.07%	100.00%	13	107.93%	100.00%	20	69.48%	100.00%	14	45.55%	100.00%	15	45.55%	100.00%	15	45.55%	100.00%	15	45.55%	100.00%	15	45.55%	100.00%	15	45.55%	100.00%	15	45.55%	100.00%	15							
		53.65%	100.00%	9	58.04%	100.00%	9	55.19%	100.00%	9	59.06%	100.00%	11	67.25%	100.00%	13	70.28%	100.00%	13	108.08%	100.00%	18	67.24%	100.00%	12	46.17%	100.00%	15	46.17%	100.00%	15	46.17%	100.00%	15	46.17%	100.00%	15	46.17%	100.00%	15	46.17%	100.00%	15	46.17%	100.00%	15							

Tabela 28: Resultados da heurística PS para a família Roszieg

$K_{Max}=2$											
MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4			
C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
MinD	31.73%	100.00%	10	31.73%	100.00%	11	31.73%	100.00%	12	31.73%	100.00%
MinR	28.48%	100.00%	12	28.48%	100.00%	11	28.48%	100.00%	11	28.48%	100.00%
MaxFTime	33.38%	100.00%	10	33.38%	100.00%	13	33.38%	100.00%	12	33.38%	100.00%
MaxFTime	31.42%	100.00%	12	31.42%	100.00%	12	31.42%	100.00%	11	31.42%	100.00%
MaxPWS+	29.56%	100.00%	10	29.56%	100.00%	10	29.56%	100.00%	11	29.56%	100.00%
MaxPWS-	30.07%	100.00%	11	30.07%	100.00%	10	30.07%	100.00%	10	30.07%	100.00%
$K_{Max}=3$											
MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4			
C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
MinD	45.31%	100.00%	12	45.31%	100.00%	12	45.31%	100.00%	12	45.31%	100.00%
MinR	41.58%	100.00%	12	41.58%	100.00%	12	41.58%	100.00%	12	41.58%	100.00%
MaxFTime	46.77%	100.00%	14	46.77%	100.00%	14	46.77%	100.00%	14	46.77%	100.00%
MaxFTime	49.59%	100.00%	13	49.59%	100.00%	13	49.59%	100.00%	13	49.59%	100.00%
MaxPWS+	41.85%	100.00%	12	41.85%	100.00%	12	41.85%	100.00%	12	41.85%	100.00%
MaxPWS-	41.87%	100.00%	12	41.87%	100.00%	12	41.87%	100.00%	12	41.87%	100.00%

Tabela 29: Resultados da heurística PW para a família Roszieg

$K_{Max}=2$											
MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4			
C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
MinD	33.25%	100.00%	16	32.12%	100.00%	16	31.67%	100.00%	16	31.47%	100.00%
MinR	31.99%	100.00%	15	31.06%	100.00%	16	30.45%	100.00%	16	30.27%	100.00%
MaxFTime	36.24%	100.00%	18	34.91%	100.00%	18	33.98%	100.00%	19	33.08%	100.00%
MaxFTime	33.40%	100.00%	17	33.07%	100.00%	17	31.92%	100.00%	18	31.80%	100.00%
MaxPWS+	31.04%	100.00%	15	30.45%	100.00%	15	29.90%	100.00%	16	29.34%	100.00%
MaxPWS-	31.29%	100.00%	15	30.64%	100.00%	15	29.90%	100.00%	16	29.53%	100.00%
$K_{Max}=3$											
MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4			
C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
MinD	37.88%	100.00%	24	35.97%	100.00%	24	34.62%	100.00%	24	33.50%	100.00%
MinR	36.46%	100.00%	24	34.54%	100.00%	24	33.35%	100.00%	24	32.33%	100.00%
MaxFTime	40.55%	100.00%	26	38.47%	100.00%	27	37.18%	100.00%	27	35.75%	100.00%
MaxFTime	38.98%	100.00%	26	37.52%	100.00%	26	35.88%	100.00%	26	34.58%	100.00%
MaxPWS+	36.33%	100.00%	23	34.95%	100.00%	23	34.00%	100.00%	24	32.75%	100.00%
MaxPWS-	36.27%	100.00%	23	34.65%	100.00%	23	33.63%	100.00%	23	32.31%	100.00%

$K_{Max}=2$											
MaxTasksK				MaxTasks3				MaxTasksK			
C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
MinD	32.12%	100.00%	18	32.12%	100.00%	21	32.12%	100.00%	18	32.12%	100.00%
MinR	31.16%	100.00%	18	31.16%	100.00%	20	31.16%	100.00%	18	31.16%	100.00%
MaxFTime	34.81%	100.00%	20	34.81%	100.00%	22	34.81%	100.00%	20	34.81%	100.00%
MaxFTime	33.30%	100.00%	19	33.30%	100.00%	22	33.30%	100.00%	19	33.30%	100.00%
MaxPWS+	30.05%	100.00%	20	30.05%	100.00%	20	30.05%	100.00%	17	33.49%	100.00%
MaxPWS-	29.86%	100.00%	20	29.86%	100.00%	20	29.86%	100.00%	17	34.07%	100.00%
$K_{Max}=3$											
MaxTasksK				MaxTasks3				MaxTasksK			
C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
MinD	32.18%	100.00%	30	32.18%	100.00%	30	32.18%	100.00%	27	36.56%	100.00%
MinR	31.22%	100.00%	30	31.22%	100.00%	33	31.22%	100.00%	27	35.34%	100.00%
MaxFTime	34.89%	100.00%	30	34.89%	100.00%	33	34.89%	100.00%	30	33.52%	100.00%
MaxFTime	33.36%	100.00%	29	33.36%	100.00%	32	33.36%	100.00%	29	33.14%	100.00%
MaxPWS+	30.17%	100.00%	25	30.17%	100.00%	29	30.17%	100.00%	25	33.49%	100.00%
MaxPWS-	30.11%	100.00%	29	30.11%	100.00%	29	30.11%	100.00%	25	34.07%	100.00%

apenas duas instâncias, tendo pouco impacto para os resultados médios da heurística P1.

A heurística P2, conseguiu encontrar soluções para todas as instâncias. No entanto, muitas soluções encontradas apresentaram tempo de ciclo muito superior ao da melhor solução conhecida para a instância. Para $K_{Max} = 2$, as soluções viáveis encontradas por esta heurística estavam, em média, a 24,14% das melhores soluções conhecidas para o ALWABP serial. Já para $K_{Max} = 3$, estas soluções estavam a 24,39% das melhores soluções conhecidas. Tanto a heurística P1 quanto a heurística P2 conseguiram encontrar uma solução com tempo de ciclo menor que a melhor solução conhecida para o problema.

A heurística PS conseguiu encontrar duas soluções melhores que as melhores soluções conhecidas para as respectivas instâncias. Observe que, devido à forma como esta heurística força o paralelismo, as regras derivadas de MaxTasks, com exceção de MaxTasksK, obtiveram os mesmos resultados em termos de tempo de ciclo. A regra MaxTasksK obteve resultados diferentes porque a penalidade aplicada ao número de tarefas para esta regra (isto é, o número de trabalhadores alocados) é um número inteiro, enquanto que para as demais regras a penalidade é um número real. Para esta heurística, a regra MinR, quando combinada com as regras MaxTasks, obtiveram os melhores resultados para $K_{Max} = 2$, enquanto que a regra MinRLB combinada com a regra MaxPWS- obteve os melhores resultados em média para $K_{Max} = 3$. Em média, as melhores soluções encontradas por esta heurística estavam a 19,73% das melhores soluções conhecidas para $K_{Max} = 2$ e a 22,55% para $K_{Max} = 3$.

Por fim, para $K_{Max} = 2$, o critério MaxTasks1.6 combinado com o critério MaxPWS+ encontrou os melhores resultados em média para a heurística PW. Para $K_{Max} = 3$, os melhores resultados foram encontrados pela combinação dos critérios MaxTasksK e MaxPWS+. Os melhores resultados obtidos estavam, em média, a 19,41% da melhor solução conhecida para o ALWABP serial, para $K_{Max} = 2$ e a 20,09% para $K_{Max} = 3$. Desta forma, para a família Roszieg, a heurística PW obteve soluções com os menores tempos de ciclo, em média.

As tabelas 30, 31, 32 e 33 apresentam os resultados para a família Heskia obtidos, respectivamente, pelas heurísticas P1, P2, PS e PW.

Para a família Heskia, a Heurística P1 conseguiu encontrar soluções utilizando paralelismo para todas as instâncias. A heurística obteve os melhores resultados em média utilizando uma combinação dos critérios MinRLB e MinR. A heurística P1 foi também capaz de encontrar soluções melhores do que as melhores soluções para o ALWABP serial em 8 das 80 instâncias. Uma destas soluções representou em um tempo de ciclo

Tabela 30: Resultados da heurística P1 para a família Heskia

	$K_{Max}=2$																								$K_{Max}=3$																									
	MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				MaxTasks2				MaxTasks3				MaxTasksK				MinRLB																	
	C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T							
MinD	35.98%	95.00%	43		29.91%	95.00%	41		28.99%	90.00%	41		30.67%	83.75%	41		32.91%	72.50%	36		43.78%	55.00%	38		50.53%	18.75%	15		43.49%	23.75%	20		25.86%	91.25%	47															
MinR	35.85%	95.00%	44		34.09%	95.00%	44		31.53%	93.75%	44		30.45%	86.25%	40		30.82%	72.50%	36		41.65%	55.00%	36		37.10%	28.75%	16		61.20%	31.25%	30		22.57%	91.25%	45															
MaxFTime	50.45%	95.00%	63		39.07%	95.00%	56		36.10%	82.50%	49		35.75%	73.75%	47		37.05%	62.50%	40		48.52%	53.75%	42		57.90%	27.50%	26		60.58%	30.00%	30		32.85%	95.00%	66															
MaxFTime	49.79%	95.00%	59		40.63%	95.00%	57		36.02%	82.50%	48		36.53%	77.50%	48		37.38%	67.50%	42		49.76%	57.50%	44		57.79%	32.50%	44		58.23%	33.75%	32		31.71%	91.25%	61															
MaxPWS+	45.73%	96.25%	50		42.51%	96.25%	50		38.29%	96.25%	46		37.94%	96.25%	50		38.47%	93.75%	52		43.34%	87.50%	56		69.88%	68.75%	75		49.34%	82.50%	66		30.58%	92.50%	58															
MaxPWS-	45.79%	96.25%	48		41.40%	96.25%	45		40.05%	96.25%	47		40.25%	96.25%	49		40.09%	93.75%	52		43.76%	88.75%	58		65.25%	71.25%	74		48.52%	87.50%	67		32.10%	92.50%	58															

Tabela 31: Resultados da heurística P2 para a família Heskia

		$K_{Max}=2$																														$K_{Max}=3$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
		MaxTasks1					MaxTasks1.2					MaxTasks1.4					MaxTasks1.6					MaxTasks1.8					MaxTasks2					MaxTasks3					MaxTasksK					MinRLB																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%

Tabela 32: Resultados da heurística PS para a família Heskia

$K_{Max}=2$																			
MaxTasks1					MaxTasks1.2					MaxTasks1.4					MaxTasks1.6				
	C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T				
MinD	30.26%	100.00%	72		30.26%	100.00%	72		30.26%	100.00%	72		30.26%	100.00%	73				
MinR	29.92%	100.00%	74		29.92%	100.00%	74		29.92%	100.00%	74		29.92%	100.00%	73				
MaxFTime	40.97%	100.00%	101		40.97%	100.00%	102		40.97%	100.00%	101		40.97%	100.00%	104				
MaxFTime	39.77%	100.00%	98		39.77%	100.00%	98		39.77%	100.00%	99		39.77%	100.00%	98				
MaxPWS+	35.89%	100.00%	87		35.89%	100.00%	87		35.89%	100.00%	87		35.89%	100.00%	87				
MaxPWS-	36.21%	100.00%	87		36.21%	100.00%	88		36.21%	100.00%	87		36.21%	100.00%	88				
$K_{Max}=3$																			
MaxTasks1					MaxTasks1.2					MaxTasks1.4					MaxTasks1.6				
	C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T				
MinD	219.25%	98.75%	105		219.25%	98.75%	105		219.25%	98.75%	104		219.25%	98.75%	105				
MinR	219.31%	98.75%	106		219.31%	98.75%	106		219.31%	98.75%	106		219.31%	98.75%	106				
MaxFTime	172.43%	98.75%	138		172.43%	98.75%	138		172.43%	98.75%	138		172.43%	98.75%	138				
MaxFTime	179.03%	98.75%	133		179.03%	98.75%	133		179.03%	98.75%	133		179.03%	98.75%	132				
MaxPWS+	402.33%	98.75%	126		402.33%	98.75%	126		402.33%	98.75%	126		402.33%	98.75%	125				
MaxPWS-	319.23%	98.75%	126		319.23%	98.75%	126		319.23%	98.75%	125		319.23%	98.75%	125				
$K_{Max}=2$																			
MaxTasks2					MaxTasks3					MaxTasks4					MinIRLB				
	C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T				
MinD	23.69%	100.00%	73		23.69%	100.00%	73		23.69%	100.00%	72		23.69%	100.00%	73				
MinR	29.92%	100.00%	74		29.92%	100.00%	73		29.92%	100.00%	73		29.92%	100.00%	73				
MaxFTime	40.97%	100.00%	101		40.97%	100.00%	103		40.97%	100.00%	103		40.97%	100.00%	105				
MaxFTime	39.77%	100.00%	98		39.77%	100.00%	98		39.77%	100.00%	98		39.77%	100.00%	93				
MaxPWS+	35.89%	100.00%	86		35.89%	100.00%	86		35.89%	100.00%	86		35.89%	100.00%	87				
MaxPWS-	36.21%	100.00%	87		36.21%	100.00%	89		36.21%	100.00%	87		36.21%	100.00%	88				

20,63% menor em relação à melhor solução conhecida para a instância. Em média, para $K_{Max} = 2$, as soluções encontradas estavam em média a 18,83% das melhores soluções conhecidas para o ALWABP serial e a 18,88% para $K_{Max} = 3$.

A heurística P2 conseguiu também encontrar 8 soluções cujos tempos de ciclo são menores que as melhores soluções conhecidas para os respectivos problemas. A regra MinRLB combinada com a regra MinR apresentou também os melhores resultados em média para a heurística P2. Os melhores resultados obtidos para esta heurística, quando comparados com os melhores resultados conhecidos para as respectivas instâncias, eram 16,13% maiores para $K_{Max} = 2$ e 17,32% maiores para $K_{Max} = 3$.

Para a heurística PS, conseguimos novamente encontrar 8 soluções melhores que as melhores soluções conhecidas para as respectivas instâncias. No entanto, a maior melhoria foi de 16,73%. A regra MinRLB apresentou os melhores resultados em termos de tempo de ciclo, especialmente quando combinada com a regra MinD. Para $K_{Max} = 2$, os melhores resultados obtidos estavam, em média, a 13,42% das melhores soluções conhecidas para as respectivas instâncias. Já para $K_{Max} = 3$, este valor é de 15,51%.

Já a heurística PW conseguiu encontrar 9 soluções cujos tempos de ciclo são menores que as melhores soluções conhecidas para as respectivas instâncias. A maior melhoria no tempo de ciclo obtida por esta heurística foi de 20,63%. Para esta heurística, a regra MinRLB, quando combinada com a regra MinR, retornou as soluções com menores tempos de ciclo em média. As melhores soluções obtidas pela heurística PW estavam, em média, a 13,08% das respectivas melhores soluções conhecidas para $K_{Max} = 2$ e a 13,38%, para $K_{Max} = 3$. A heurística PW obteve, em média, as melhores soluções em termos de tempo de ciclo para a família Heskia entre as quatro heurísticas que forçam o paralelismo.

Os resultados encontrados pelas heurísticas P1, P2, PS e PW para a família Tonge são apresentados, de forma resumida, nas tabelas 34, 35, 36 e 37, respectivamente.

A heurística P1 conseguiu encontrar soluções utilizando paralelismo para todas as instâncias da família Tonge. Entre os critérios utilizados, apenas os critérios MaxTasks2, MaxTasks3 e MaxTasksK não conseguiram encontrar soluções viáveis para todas as instâncias. Para $K_{Max} = 2$, a regra MaxTasks1.8, quando combinada com a regra MinR, encontrou as melhores soluções, em média. Já para $K_{Max} = 3$, a regra MinRLB retornou as melhores soluções, especialmente quando combinada com a regra MaxIFTime. A heurística P1 foi capaz de encontrar uma solução que é 3,09% melhor que a melhor solução conhecida para a instância a qual refere. Em média, as melhores soluções encontradas estão a 28,41% das melhores soluções conhecidas para $K_{Max} = 2$ e a 37,75% para

Tabela 34: Resultados da heurística P1 para a família Tonge

		$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$																							
		MaxTasksl				MaxTasksl.2				MaxTasksl.4				MaxTasksl.6				MaxTasksl.8				MaxTasksl.2				MaxTasksl.3				MaxTasksl.K				MinRLB			
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T			
MinD		78.00%	100.00%	1102	61.42%	100.00%	1022	44.77%	100.00%	971	41.74%	100.00%	985	41.66%	100.00%	993	45.80%	100.00%	1075	66.71%	1038	54.56%	95.00%	1183	49.39%	100.00%	1747										
MinR		78.60%	100.00%	1101	60.55%	100.00%	991	45.14%	100.00%	959	40.39%	100.00%	970	40.33%	100.00%	994	45.50%	100.00%	1070	66.72%	1038	53.60%	98.75%	1173	49.24%	100.00%	1753										
MaxFTime		79.82%	100.00%	1094	61.80%	100.00%	1003	49.23%	100.00%	989	44.27%	100.00%	987	43.48%	100.00%	997	45.27%	97.50%	1024	51.76%	1162	45.87%	100.00%	1700													
MaxTTime		79.59%	100.00%	1219	61.74%	100.00%	1114	46.83%	100.00%	1057	43.87%	100.00%	1094	43.02%	100.00%	1109	48.30%	98.75%	1183	66.66%	1258	46.87%	100.00%	1877													
MaxPVS+		79.33%	100.00%	957	67.95%	100.00%	890	56.99%	100.00%	858	50.60%	100.00%	863	47.78%	100.00%	873	53.48%	100.00%	975	70.76%	83.75%	1053	59.62%	98.75%	1068	48.56%	100.00%	1654									
MaxPVS-		84.88%	100.00%	979	73.48%	100.00%	913	58.72%	100.00%	860	55.26%	100.00%	892	51.82%	100.00%	901	54.46%	100.00%	978	69.26%	85.00%	1072	58.32%	97.50%	1040	56.42%	100.00%	1851									
$K_{Max}=3$																																					
		MaxTasksl				MaxTasksl.2				MaxTasksl.4				MaxTasksl.6				MaxTasksl.8				MaxTasksl.2				MaxTasksl.3				MaxTasksl.K				MinRLB			
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T			
MinD		99.88%	100.00%	4762	87.64%	100.00%	4525	71.59%	100.00%	4363	61.00%	100.00%	4365	53.73%	100.00%	4208	50.42%	100.00%	4108	60.40%	83.75%	4262	54.47%	95.00%	4655	49.25%	100.00%	7204									
MinR		99.90%	100.00%	4786	89.70%	100.00%	4499	72.93%	100.00%	4237	58.95%	100.00%	4147	51.79%	100.00%	4138	50.04%	100.00%	4208	59.97%	86.25%	4465	53.55%	98.75%	4632	49.22%	100.00%	7170									
MaxFTime		104.29%	100.00%	5044	92.79%	100.00%	4219	79.65%	100.00%	4143	61.49%	100.00%	4007	52.41%	100.00%	3852	50.68%	98.75%	4015	56.94%	87.50%	4161	51.80%	96.25%	4425	45.77%	100.00%	6853									
MaxTTime		103.85%	100.00%	5414	88.48%	100.00%	4661	75.91%	100.00%	4496	62.47%	100.00%	4547	52.81%	100.00%	4338	50.28%	100.00%	4526	56.66%	92.50%	4708	56.23%	96.25%	4752	46.76%	100.00%	7496									
MaxPVS+		106.10%	100.00%	4032	96.96%	100.00%	3892	84.77%	100.00%	3686	73.44%	100.00%	3605	64.03%	100.00%	3482	60.82%	100.00%	3500	61.18%	88.75%	3922	59.49%	98.75%	4124	48.51%	100.00%	6789									
MaxPVS-		107.69%	100.00%	4064	99.61%	100.00%	3882	89.41%	100.00%	3738	79.24%	100.00%	3708	70.42%	100.00%	3624	64.57%	100.00%	3706	65.08%	91.25%	4111	57.97%	97.50%	4148	56.60%	100.00%	7807									

Tabela 35: Resultados da heurística P2 para a família Tonge

		$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$												$K_{Max}=2$											
		MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				MaxTasks2				MaxTasks3				MaxTasksk				MinRLB			
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T				
MaxFTime	89.91%	100.00%	1226	65.10%	100.00%	1079	48.14%	100.00%	1006	42.76%	100.00%	980	40.02%	100.00%	970	40.11%	100.00%	982	49.24%	100.00%	1117	40.31%	100.00%	986	48.58%	100.00%	1724										
MinR	89.39%	100.00%	1183	68.61%	100.00%	1081	47.98%	100.00%	973	39.39%	100.00%	943	37.78%	100.00%	958	38.28%	100.00%	972	50.50%	100.00%	1123	37.88%	100.00%	973	45.96%	100.00%	1699										
MaxFTime	91.79%	100.00%	1293	70.60%	100.00%	1076	51.42%	100.00%	986	44.25%	100.00%	988	41.70%	100.00%	983	41.95%	100.00%	995	50.98%	100.00%	1120	42.49%	100.00%	1007	44.44%	100.00%	1673										
MaxTTime	90.27%	100.00%	1317	67.55%	100.00%	1171	48.05%	100.00%	1063	42.77%	100.00%	1075	43.16%	100.00%	1112	44.38%	100.00%	1132	53.05%	100.00%	1266	45.26%	100.00%	1141	45.07%	100.00%	1829										
MaxPVS+	93.04%	100.00%	1056	73.69%	100.00%	950	59.37%	100.00%	886	49.47%	100.00%	848	46.91%	100.00%	869	46.78%	100.00%	885	56.65%	100.00%	1062	46.74%	100.00%	884	48.14%	100.00%	1635										
MaxPVS-	97.96%	100.00%	1070	78.28%	100.00%	965	62.46%	100.00%	898	56.76%	100.00%	903	51.16%	100.00%	885	50.10%	100.00%	895	58.43%	100.00%	1088	50.17%	100.00%	888	55.47%	100.00%	1822										
		$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$												$K_{Max}=2$											
		MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				MaxTasks2				MaxTasks3				MaxTasksk				MinRLB			
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T				
MinD	120.49%	100.00%	5433	100.64%	100.00%	5053	80.28%	100.00%	4647	66.90%	100.00%	4627	56.25%	100.00%	4428	54.09%	100.00%	4425	51.43%	100.00%	4341	41.22%	100.00%	3962	48.48%	100.00%	7173										
MinR	121.90%	100.00%	5422	98.31%	100.00%	4750	81.93%	100.00%	4516	65.70%	100.00%	4400	52.86%	100.00%	4275	51.24%	100.00%	4306	48.18%	100.00%	4249	38.75%	100.00%	3966	45.97%	100.00%	7014										
MaxFTime	123.05%	100.00%	5107	103.59%	100.00%	4693	85.76%	100.00%	4693	68.55%	100.00%	4339	56.34%	100.00%	4182	53.70%	100.00%	4172	53.37%	100.00%	4279	43.93%	100.00%	3914	44.51%	100.00%	6841										
MaxTTime	121.20%	100.00%	5557	101.05%	100.00%	5072	82.48%	100.00%	4810	67.20%	100.00%	4702	57.26%	100.00%	4628	53.96%	100.00%	4604	53.75%	100.00%	4770	46.60%	100.00%	4408	45.07%	100.00%	7376										
MaxPVS+	121.54%	100.00%	4511	105.84%	100.00%	4125	92.93%	100.00%	3996	80.82%	100.00%	3847	68.94%	100.00%	3624	61.72%	100.00%	3479	56.45%	100.00%	3828	47.67%	100.00%	3463	48.11%	100.00%	6686										
MaxPVS-	124.19%	100.00%	4530	106.80%	100.00%	4075	98.81%	100.00%	4022	87.55%	100.00%	3955	76.48%	100.00%	3829	71.53%	100.00%	3778	60.67%	100.00%	3945	51.44%	100.00%	3542	55.67%	100.00%	7679										

Tabela 36: Resultados da heurística PS para a família Tonge

		$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$														
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB		
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD		30.63%	100.00%	2290	30.63%	100.00%	2288	30.63%	100.00%	2287	30.63%	100.00%	2283	30.63%	100.00%	2283	30.63%	100.00%	2285	30.63%	100.00%	2282	31.01%	100.00%	2307	32.27%	100.00%	2283
MinR		28.41%	100.00%	2226	28.41%	100.00%	2243	28.41%	100.00%	2227	28.41%	100.00%	2233	28.41%	100.00%	2236	28.41%	100.00%	2234	28.41%	100.00%	2229	28.58%	100.00%	2248	31.01%	100.00%	3510
MaxFTTime		32.47%	100.00%	2374	32.47%	100.00%	2380	32.47%	100.00%	2380	32.47%	100.00%	2386	32.47%	100.00%	2374	32.47%	100.00%	2384	32.47%	100.00%	2375	32.57%	100.00%	2688	32.02%	100.00%	3560
MaxPWS+		30.79%	100.00%	2621	30.79%	100.00%	2628	30.79%	100.00%	2623	30.79%	100.00%	2629	30.79%	100.00%	2625	30.79%	100.00%	2630	30.79%	100.00%	2620	31.25%	100.00%	2688	31.15%	100.00%	3852
MaxPWS-		34.60%	100.00%	2160	34.60%	100.00%	2159	34.60%	100.00%	2161	34.60%	100.00%	2157	34.60%	100.00%	2159	34.60%	100.00%	2162	34.60%	100.00%	2157	34.53%	100.00%	2183	34.55%	100.00%	3461
MaxPWS		40.72%	100.00%	2350	40.72%	100.00%	2351	40.72%	100.00%	2355	40.72%	100.00%	2352	40.72%	100.00%	2354	40.72%	100.00%	2357	40.72%	100.00%	2356	41.36%	100.00%	2392	41.25%	100.00%	3879
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB		
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD		35.66%	100.00%	5153	35.66%	100.00%	5165	35.66%	100.00%	5156	35.66%	100.00%	5150	35.66%	100.00%	5165	35.66%	100.00%	5161	35.66%	100.00%	5161	31.73%	100.00%	4936	32.50%	100.00%	5165
MinR		33.05%	100.00%	5043	33.05%	100.00%	5037	33.05%	100.00%	5037	33.05%	100.00%	5043	33.05%	100.00%	5033	33.05%	100.00%	5046	33.05%	100.00%	5033	29.50%	100.00%	4856	31.07%	100.00%	7811
MaxFTTime		36.69%	100.00%	5062	36.69%	100.00%	5077	36.69%	100.00%	5060	36.69%	100.00%	5070	36.69%	100.00%	5057	36.69%	100.00%	5064	36.69%	100.00%	5055	32.28%	100.00%	4925	32.03%	100.00%	7723
MaxFTTime		36.03%	100.00%	5663	36.03%	100.00%	5677	36.03%	100.00%	5657	36.03%	100.00%	5660	36.03%	100.00%	5660	36.03%	100.00%	5679	36.03%	100.00%	5669	32.50%	100.00%	5468	31.23%	100.00%	8281
MaxPWS+		39.76%	100.00%	4692	39.76%	100.00%	4737	39.76%	100.00%	4698	39.76%	100.00%	4697	39.76%	100.00%	4688	39.76%	100.00%	4697	39.76%	100.00%	4690	34.87%	100.00%	4496	34.71%	100.00%	7541
MaxPWS-		45.91%	100.00%	5235	45.91%	100.00%	5242	45.91%	100.00%	5235	45.91%	100.00%	5238	45.91%	100.00%	5270	45.91%	100.00%	5260	45.91%	100.00%	5261	42.44%	100.00%	5067	41.28%	100.00%	8629

Tabela 37: Resultados da heurística PW para a família Tonge

		$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$														
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB		
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD		31.06%	100.00%	2398	29.85%	100.00%	2695	29.27%	100.00%	3023	29.54%	100.00%	3252	29.70%	100.00%	3346	29.71%	100.00%	3367	30.53%	100.00%	3543	29.90%	100.00%	3381	34.89%	100.00%	3346
MinR		28.99%	100.00%	2308	28.09%	100.00%	2601	27.38%	100.00%	2905	27.31%	100.00%	3118	26.89%	100.00%	3221	26.99%	100.00%	3275	27.83%	100.00%	3451	27.08%	100.00%	3274	32.85%	100.00%	5683
MaxFTTime		34.57%	100.00%	2555	33.13%	100.00%	2814	31.79%	100.00%	3095	31.53%	100.00%	3325	31.42%	100.00%	3435	31.72%	100.00%	3482	32.55%	100.00%	3692	31.84%	100.00%	3497	34.73%	100.00%	5817
MaxPWS+		32.56%	100.00%	2805	30.47%	100.00%	3056	30.84%	100.00%	3420	30.43%	100.00%	3678	30.18%	100.00%	3820	30.68%	100.00%	3869	32.41%	100.00%	4169	30.55%	100.00%	3870	31.75%	100.00%	6144
MaxPWS-		35.68%	100.00%	2212	34.44%	100.00%	2345	33.02%	100.00%	2591	33.83%	100.00%	2820	34.22%	100.00%	3022	34.29%	100.00%	3077	36.15%	100.00%	3469	34.26%	100.00%	3078	36.91%	100.00%	5657
MaxPWS		42.24%	100.00%	2414	41.94%	100.00%	2571	41.21%	100.00%	2768	39.58%	100.00%	2933	38.65%	100.00%	3113	38.85%	100.00%	3166	40.79%	100.00%	3678	39.19%	100.00%	3191	43.03%	100.00%	6371
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB		
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD		41.71%	100.00%	6846	38.81%	100.00%	7449	37.74%	100.00%	8900	36.03%	100.00%	10258	34.82%	100.00%	11347	34.00%	100.00%	11615	32.02%	100.00%	12907	30.34%	100.00%	12449	34.84%	100.00%	11347
MinR		38.55%	100.00%	6521	36.35%	100.00%	7083	35.05%	100.00%	8328	34.01%	100.00%	9804	32.55%	100.00%	10973	32.38%	100.00%	11423	29.78%	100.00%	12658	27.65%	100.00%	12046	32.82%	100.00%	21716
MaxFTTime		44.47%	100.00%	6846	42.17%	100.00%	7491	40.11%	100.00%	8534	38.20%	100.00%	9981	37.56%	100.00%	11276	36.75%	100.00%	11601	34.92%	100.00%	13068	32.31%	100.00%	12248	34.73%	100.00%	21764
MaxPWS+		43.52%	100.00%	7482	42.07%	100.00%	8233	40.09%	100.00%	9609	36.89%	100.00%	11115	37.02%	100.00%	12405	36.53%	100.00%	12887	33.66%	100.00%	14499	31.18%	100.00%	13591	31.80%	100.00%	22813
MaxPWS-		46.79%	100.00%	6055	44.62%	100.00%	6267	43.61%	100.00%	6853	41.94%	100.00%	7630	41.60%	100.00%	8411	40.82%	100.00%	8743	37.78%	100.00%	11655	34.68%	100.00%	10517	36.94%	100.00%	21390
MaxPWS		51.16%	100.00%	6395	50.41%	100.00%	6739	49.57%	100.00%	7249	48.21%	100.00%	7953	46.34%	100.00%	8666	45.83%	100.00%	8914	42.76%	100.00%	12082	39.52%	100.00%	10904	43.01%	100.00%	24624

$K_{Max} = 3$.

A heurística P2 conseguiu encontrar soluções utilizando paralelismo em todas as instâncias da família Tonge, utilizando todas as combinações de critérios. Para esta heurística, a combinação dos critérios MaxTasksK e MinR encontrou as melhores soluções, em média, tanto para $K_{Max} = 2$ quanto para $K_{Max} = 3$. As melhores soluções encontradas por esta heurística estão, em média, a 27,72% das melhores soluções conhecidas para $K_{Max} = 2$ e a 37,75% para $K_{Max} = 3$.

Para a heurística PS, a regra MinR encontrou os melhores resultados em termos de tempo de ciclo para $K_{Max} = 2$ quando combinada com as regras MaxTasks. Para $K_{Max} = 3$, a combinação das regras MinR e MaxTasksK apresentou as melhores soluções em média. As soluções de menor tempo de ciclo obtidas estavam, em média, a 21,94% das melhores soluções para $K_{Max} = 2$ e a 22,81% para $K_{Max} = 3$.

A regra MinR obteve os melhores resultados, em média, para a heurística PW. Para $K_{Max} = 2$, esta regra obteve os melhores resultados quando combinada com a regra MaxTasks2, enquanto que, para $K_{Max} = 3$, a regra MaxTasksK apresentou os melhores resultados quando combinada com a regra MinR. As melhores soluções encontradas estavam, em média, a 19,80% das melhores soluções conhecidas para $K_{Max} = 2$ e a 20,99% para $K_{Max} = 3$. Desta forma, a heurística PW, assim como a regra MinR, foi a que apresentou os melhores resultados para a família Tonge.

As tabelas 38, 39, 40 e 41 apresentam, respectivamente, os resultados obtidos pelas heurísticas P1, P2, PS e PW para a família Wee-mag.

Para a família Wee-mag, a heurística P1 não foi capaz de resolver algumas instâncias utilizando as regras MaxTasks1.8, MaxTasks2, MaxTasks3 e MaxTasksK. Para $K_{Max} = 2$ as soluções com menores tempos de ciclo em média foram encontradas pela combinação das regras MaxTasks1.6 e MinR. Já para $K_{Max} = 3$, a combinação das regras MinRLB e MinD obteve as melhores soluções. As melhores soluções encontradas pela heurística estavam, em média, a 31,51% das melhores soluções conhecidas (para $K_{Max} = 2$) e a 35,01% ($K_{Max} = 3$).

Para a heurística P2, a regra MinR encontrou as melhores soluções, em média, quando combinada com as regras MaxTasks1.6 (para $K_{Max} = 2$) e MaxTasksK (para $K_{Max} = 3$). Para $K_{Max} = 2$, as soluções de menor tempo de ciclo encontradas pela heurística estavam, em média, a 27,72% dos melhores valores conhecidos. Para $K_{Max} = 3$, estas soluções estavam a 37,75% dos melhores valores conhecidos.

Tabela 38: Resultados da heurística P1 para a família Wee-mag

	$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$																							
	MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				MaxTasks2				MaxTasks3				MaxTasksK				MinRLB			
	C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
MinD	101.54%	100.00%	822	65.46%	100.00%	690	44.40%	100.00%	631	43.97%	100.00%	650	49.10%	98.75%	677	62.95%	87.50%	730	60.33%	46.25%	416	74.72%	61.25%	664	50.25%	100.00%	982		50.25%	100.00%	982		50.25%	100.00%	982	
MinR	105.01%	100.00%	824	71.68%	100.00%	708	44.66%	100.00%	638	42.20%	100.00%	648	45.70%	100.00%	674	57.01%	95.00%	764	63.03%	46.25%	424	74.10%	72.50%	769	53.85%	100.00%	1024		74.10%	100.00%	1024		74.10%	100.00%	1024	
MaxFTime	124.83%	100.00%	835	97.24%	100.00%	723	69.91%	100.00%	683	59.53%	100.00%	679	64.50%	100.00%	732	83.79%	93.75%	869	97.08%	45.00%	472	120.63%	88.75%	1157	61.28%	100.00%	1038		120.63%	100.00%	1038		120.63%	100.00%	1038	
MaxFTime	123.16%	100.00%	1007	100.42%	100.00%	885	71.17%	100.00%	830	58.58%	100.00%	817	63.72%	100.00%	883	85.37%	95.00%	1057	100.00%	40.00%	524	121.26%	86.25%	1335	56.33%	100.00%	1133		121.26%	100.00%	1133		121.26%	100.00%	1133	
MaxPWS+	177.30%	100.00%	3995	174.25%	100.00%	3959	166.48%	100.00%	3987	152.00%	100.00%	3808	136.51%	100.00%	3847	115.05%	100.00%	3817	104.72%	100.00%	4516	105.43%	100.00%	4975	115.05%	100.00%	8095		105.43%	100.00%	8095		105.43%	100.00%	8095	
MaxPWS-	179.42%	100.00%	3924	177.13%	100.00%	3897	171.47%	100.00%	3951	165.42%	100.00%	4080	158.69%	100.00%	4338	147.61%	100.00%	4695	134.45%	100.00%	5646	135.49%	100.00%	6427	148.94%	100.00%	10821		135.49%	100.00%	10821		135.49%	100.00%	10821	

	$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$												$K_{Max}=3$											
	MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				MaxTasks2				MaxTasks3				MaxTasksK				MinRLB			
	C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
MinD	151.14%	100.00%	4369	132.81%	100.00%	4320	79.72%	100.00%	3488	58.77%	100.00%	3126	50.25%	100.00%	2970	58.39%	95.00%	3198	61.46%	57.50%	2614	74.20%	61.25%	3156	50.24%	100.00%	4551		74.20%	100.00%	4551		74.20%	100.00%	4551	
MinR	153.90%	100.00%	4414	137.50%	100.00%	4268	100.32%	100.00%	3843	62.34%	100.00%	3238	52.77%	100.00%	3120	53.17%	98.75%	3296	70.34%	65.00%	3262	74.04%	72.50%	3619	53.49%	100.00%	4730		74.04%	100.00%	4730		74.04%	100.00%	4730	
MaxFTime	165.48%	100.00%	3928	139.06%	100.00%	3839	130.38%	100.00%	3426	100.13%	100.00%	3136	81.35%	100.00%	3088	75.82%	100.00%	3314	105.26%	65.00%	3368	120.63%	88.75%	5103	61.10%	100.00%	4622		120.63%	100.00%	4622		120.63%	100.00%	4622	
MaxFTime	165.30%	100.00%	4382	138.07%	100.00%	4560	135.52%	100.00%	4232	105.44%	100.00%	3818	79.72%	100.00%	3602	74.27%	100.00%	3983	105.63%	62.50%	3812	120.78%	86.25%	5747	56.51%	100.00%	4975		120.78%	100.00%	4975		120.78%	100.00%	4975	
MaxPWS+	177.30%	100.00%	4008	174.25%	100.00%	3982	166.48%	100.00%	4001	152.00%	100.00%	3839	136.51%	100.00%	3873	115.05%	100.00%	3873	104.72%	100.00%	4553	105.43%	100.00%	5012	115.05%	100.00%	8174		105.43%	100.00%	8174		105.43%	100.00%	8174	
MaxPWS-	179.42%	100.00%	3962	177.13%	100.00%	3925	171.47%	100.00%	3968	165.42%	100.00%	4109	158.69%	100.00%	4375	147.61%	100.00%	4734	134.45%	100.00%	5689	135.49%	100.00%	6481	148.94%	100.00%	10621		135.49%	100.00%	10621		135.49%	100.00%	10621	

Tabela 39: Resultados da heurística P2 para a família Wee-mag

	$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$												$K_{Max}=3$											
	MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				MaxTasks2				MaxTasks3				MaxTasksK				MinRLB			
	C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
MinD	117.61%	100.00%	902	75.68%	100.00%	747	47.75%	100.00%	659	43.49%	100.00%	647	46.13%	100.00%	643	43.66%	100.00%	673	47.09%	100.00%	679	56.05%	100.00%	742	47.21%	100.00%	951		47.21%	100.00%	951		47.21%	100.00%	951	
MinR	117.89%	100.00%	905	79.14%	100.00%	752	45.94%	100.00%	642	41.34%	100.00%	643	43.66%	100.00%	664	44.22%	100.00%	670	44.22%	100.00%	672	57.89%	100.00%	754	44.32%	100.00%	982		44.32%	100.00%	982		44.32%	100.00%	982	
MaxFTime	133.44%	100.00%	891	109.05%	100.00%	787	73.02%	100.00%	702	58.49%	100.00%	671	59.67%	100.00%	704	60.73%	100.00%	704	60.73%	100.00%	716	75.14%	100.00%	823	60.67%	100.00%	1003		60.67%	100.00%	1003		60.67%	100.00%	1003	
MaxFTime	133.78%	100.00%	1065	108.35%	100.00%	918	70.47%	100.00%	818	58.12%	100.00%	796	59.77%	100.00%	838	62.02%	100.00%	838	62.02%	100.00%	861	75.55%	100.00%	987	62.29%	100.00%	1126		62.29%	100.00%	1126		62.29%	100.00%	1126	
MaxPWS+	186.61%	100.00%	4044	180.20%	100.00%	3977	174.18%	100.00%	4028	157.71%	100.00%	3812	144.05%	100.00%	3943	129.27%	100.00%	3943	129.27%	100.00%	3675	101.10%	100.00%	4099	98.67%	100.00%	8334		98.67%	100.00%	8334		98.67%	100.00%	8334	
MaxPWS-	187.39%	100.00%	3978	181.54%	100.00%	3927	177.26%	100.00%	3995	170.59%	100.00%	4087	161.00%	100.00%	4087	161.00%	100.00%	4276	154.36%	100.00%	4314	132.69%	100.00%	5236	129.38%	100.00%	10883		129.38%	100.00%	10883		129.38%	100.00%	10883	

	$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$												$K_{Max}=3$											
	MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				MaxTasks2				MaxTasks3				MaxTasksK				MinRLB			
	C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
MinD	166.08%	100.00%	4730	141.09%	100.00%	4451	93.90%	100.00%	3884	65.34%	100.00%	3356	52.08%	100.00%	3106	50.49%	100.00%	3085	55.81%	100.00%	3269	47.55%	100.00%	3269	47.55%	100.00%	4473		47.55%	100.00%	4473		47.55%	100.00%	4473	
MinR	168.84%	100.00%	4803	144.48%	100.00%	4487	107.35%	100.00%	4025	69.32%	100.00%	3571	51.49%	100.00%	3120	49.01%	100.00%	3100	55.42%	100.00%	3298	45.19%	100.00%	3079	49.72%	100.00%	4581		49.72%	100.00%	4581		49.72%	100.00%	4581	
MaxFTime	176.30%	100.00%	4120	165.02%	100.00%	4019	146.58%	100.00%	3814	109.03%	100.00%	3306	85.61%	100.00%	3208	74.77%	100.00%	3124	74.31%	100.00%	3352	60.73%	100.00%	2981	58.76%	100.00%	4900		60.73%	100.00%	4900		60.73%	100.00%	4900	
MaxFTime	173.25%	100.00%	4725	164.18%	100.00%	4677	138.29%	100.00%	4234	112.96%	100.00%	3967	86.25%	100.00%	3797	74.45%	100.00%	3645	75.18%	100.00%	4066	62.25%	100.00%	3580	54.95%	100.00%	4960		62.25%	100.00%	4960		62.25%	100.00%	4960	
MaxPWS+	186.61%	100.00%	4083	180.20%	100.00%	4019	174.18%	100.00%	4072	157.71%	100.00%	3859	144.05%	100.00%	3998	129.27%	100.00%	3708	101.10%	100.00%	4144	98.67%	100.00%	3956	117.29%	100.00%	8412		98.67%	100.00%	8412		98.67%	100.00%	8412	
MaxPWS-	187.39%	100.00%	4033	181.54%	100.00%	3961	177.26%	100.00%	4039	170.59%	100.00%	4132	161.00%	100.00%	4316	154.36%	100.00%	4382	132.69%	100.00%	4598	129.38%	100.00%	5037	150.14%	100.00%	10986		129.38%	100.00%	10986		129.38%	100.00%	10986	

A combinação das regras MinRLB e MinD obteve as melhores soluções para a heurística PS, tanto para $K_{Max} = 2$ quanto para $K_{Max} = 3$. As melhores soluções encontradas estavam, em média, a 23,64% das melhores soluções conhecidas para $K_{Max} = 2$ e a 24,21%, para $K_{Max} = 3$.

Por fim, para a heurística PW, a regra MinR encontrou as soluções de menor tempo de ciclo quando combinada com as regras MaxTasks2 (para $K_{Max} = 2$) e MaxTasksK (para $K_{Max} = 3$). Em média, as melhores soluções encontradas para esta heurística estavam a 22,38% das melhores soluções conhecidas, para $K_{Max} = 2$, e a 23,23%, para $K_{Max} = 3$. Assim, a heurística PW obteve as soluções de menor tempo de ciclo, em média, para a família Wee-mag.

As tabelas 42, 43, 44 e 45 apresentam os resultados obtidos pelas heurísticas P1, P2, PS e PW, respectivamente, para a família Roszieg mod 1.

A heurística P1 não conseguiu resolver 10 instâncias da família Roszieg mod 1. entre as soluções viáveis utilizando paralelismo, as melhores soluções encontradas estavam, em média a 17,54% das respectivas soluções ótimas para o ALWABP serial, para $K_{Max} = 2$, e a 18,14% para $K_{Max} = 3$. A maioria das combinações de regras conseguiu resolver menos da metade das instâncias.

A heurística P2 conseguiu encontrar soluções para todas as instâncias utilizando todas as regras. O fato de estarmos forçando o paralelismo juntamente com o pequeno número de trabalhadores resultou em uma perda da qualidade da solução em relação à heurística original. Mesmo assim, a heurística P2 conseguiu encontrar soluções em 3 instâncias cujos tempos de execução são menores do que as respectivas soluções para o ALWABP serial. As melhores soluções encontradas estão, em média, a 24,39% da solução ótima para o ALWABP serial, para $K_{Max} = 2$ e a 25,82%, para $K_{Max} = 3$. A combinação das regras MinRLB e MaxPWS+ encontrou as melhores soluções em média para esta heurística.

Para a heurística PS, as melhores soluções encontradas estavam a 21% das melhores soluções para o problema serial, para $K_{Max} = 2$ e a 22,61% para $K_{Max} = 3$. A heurística encontrou também 3 soluções melhores que as melhores soluções para o ALWABP. A combinação das regras MinRLB e MaxPWS- retornou as melhores soluções em média.

Utilizando a heurística PW, as melhores soluções estavam a 22,5% das melhores soluções para o problema serial, para $K_{Max} = 2$, e a 24,7%, para $K_{Max} = 3$. As melhores soluções, em média, foram encontradas pela combinação das regras MinRLB e MaxPWS+.

As tabelas 46, 47, 48 e 49 apresentam os resultados para a família Roszieg mod 2

Tabela 42: Resultados da heurística P1 para a família Roszieg mod 1

		K _{Max} =2																													
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB					
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T			
MinD		23.44%	57.50%	4.7	19.34%	55.00%	4.77	18.44%	55.00%	4.29	17.84%	55.00%	3.5	13.76%	45.00%	4	13.91%	40.00%	5.5	14.37%	30.00%	7.08	-	0.00%	-	23.95%	22.50%	4.89	22.19%	55.00%	6.82
MinR		22.81%	55.00%	5.39	18.46%	52.50%	4.29	17.84%	52.50%	4.33	13.84%	45.00%	4.78	13.61%	40.00%	4.56	14.77%	30.00%	4.33	7.25%	2.50%	6	24.26%	22.50%	6	24.26%	22.50%	8.56	23.36%	55.00%	8.18
MaxFTime		23.15%	52.50%	4.57	21.96%	50.00%	4.95	23.23%	52.50%	6.19	21.87%	42.50%	5.41	16.70%	35.00%	5.21	18.56%	27.50%	4.36	7.25%	2.50%	7	19.48%	20.00%	7.63	19.41%	50.00%	8.45	23.36%	55.00%	8.18
MaxFTime		22.70%	60.00%	5.29	18.82%	52.50%	4.52	20.76%	55.00%	4.41	19.52%	42.50%	5.12	21.53%	40.00%	4.81	21.41%	27.50%	7.82	7.25%	2.50%	7	26.48%	20.00%	7	25.38%	60.00%	8.92	23.36%	62.50%	8.92
MaxPVS+		23.33%	62.50%	4	14.45%	52.50%	4.19	15.55%	52.50%	5	17.18%	47.50%	3.53	17.09%	42.50%	4.88	19.56%	32.50%	6.85	9.68%	2.50%	6	19.75%	27.50%	5.09	26.05%	62.50%	8	23.36%	62.50%	8.92
MaxPVS-		20.61%	60.00%	4.92	14.19%	52.50%	4.9	15.47%	52.50%	3.52	17.08%	47.50%	4.57	16.54%	45.00%	4.5	18.55%	32.50%	6.85	9.68%	2.50%	6	21.39%	30.00%	5.42	23.08%	60.00%	8.96	23.36%	62.50%	8.92

		K _{avg} =3																										
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB		
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD	34.04%	57.50%	8.96	26.13%	52.50%	3.67	24.01%	52.50%	9.57	20.80%	42.50%	3.71	23.30%	37.50%	7.27	21.23%	27.50%	2.91	16.24%	2.50%	0	23.95%	22.50%	10.44	22.19%	55.00%	8.59	
MinR	32.26%	55.00%	7.86	26.49%	52.50%	5.95	22.95%	52.50%	6.57	20.11%	45.00%	4.44	22.16%	40.00%	7.75	22.12%	30.00%	6.5	11.35%	5.00%	0	24.26%	22.50%	6.89	23.36%	55.00%	8.55	
MaxFTime	32.86%	52.50%	10.43	30.11%	50.00%	3.1	27.72%	52.50%	11.24	27.25%	42.50%	6.35	24.71%	35.00%	5.43	22.30%	25.00%	6.2	11.35%	5.00%	8	19.48%	20.00%	13.5	19.41%	50.00%	10.85	
MaxFTime	30.98%	60.00%	5.83	26.64%	52.50%	8.1	25.46%	55.00%	7.14	25.97%	42.50%	6.41	28.85%	40.00%	9.75	26.37%	27.50%	7.09	11.35%	5.00%	0	26.48%	20.00%	9.88	25.38%	62.50%	8.38	
MaxPVS+	32.42%	62.50%	5.04	23.97%	52.50%	6.67	22.56%	52.50%	7.48	24.36%	47.50%	4.05	25.06%	40.00%	5.88	25.49%	32.50%	8.46	12.67%	5.00%	7.5	19.75%	27.50%	8.64	26.05%	62.50%	8.76	
MaxPVS-	30.83%	60.00%	7.79	24.34%	52.50%	4.9	22.92%	52.50%	5.71	24.76%	47.50%	6.05	24.02%	42.50%	6.53	25.21%	32.50%	8.46	12.67%	5.00%	8	21.39%	30.00%	7.67	23.98%	60.00%	8.79	

Tabela 43: Resultados da heurística P2 para a família Roszieg mod 1

		MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB													
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T												
MaxTasks1	MinD	51.60%	100.00%	6.93	64.83%	100.00%	10.93	70.64%	100.00%	10.93	75.79%	100.00%	11.35	89.86%	100.00%	13.25	96.57%	100.00%	14	128.93%	100.00%	19.58	96.48%	100.00%	14.05	50.21%	100.00%	11.35			
	MinR	52.78%	100.00%	8.25	61.21%	100.00%	9.33	65.87%	100.00%	9.8	66.55%	100.00%	11.38	84.91%	100.00%	11.6	91.90%	100.00%	13.18	120.88%	100.00%	18.28	91.82%	100.00%	15.63	47.87%	100.00%	10.5			
	MaxFTime	51.56%	100.00%	8.53	60.49%	100.00%	11.35	76.11%	100.00%	13.63	84.81%	100.00%	14.08	97.29%	100.00%	14.75	97.59%	100.00%	13.98	123.90%	100.00%	21.03	97.51%	100.00%	16.15	50.07%	100.00%	13.88			
	MaxFTime	49.97%	100.00%	8.58	71.12%	100.00%	10.4	72.55%	100.00%	10.58	84.21%	100.00%	14.88	96.12%	100.00%	14.05	101.46%	100.00%	16.43	126.92%	100.00%	20.68	104.38%	100.00%	15.88	42.91%	100.00%	12.85			
	MaxPVS+	48.29%	100.00%	6.68	62.45%	100.00%	11.78	66.10%	100.00%	8.1	70.81%	100.00%	11.33	84.30%	100.00%	13.23	94.42%	100.00%	12	124.21%	100.00%	19.45	94.52%	100.00%	13.38	44.77%	100.00%	11.25			
MaxPVS-	48.12%	100.00%	8.2	58.95%	100.00%	9.3	62.59%	100.00%	6.68	64.61%	100.00%	13.68	80.79%	100.00%	10.88	90.75%	100.00%	14.03	118.91%	100.00%	17.95	90.85%	100.00%	12.13	42.10%	100.00%	12.1				
																				<i>K_{Max}=3</i>											
		MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB													
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T												
MaxTasks1	MinD	62.26%	100.00%	9.75	82.58%	100.00%	15.68	84.38%	100.00%	15.25	90.41%	100.00%	14.75	101.33%	100.00%	18.73	109.40%	100.00%	19.5	128.43%	100.00%	23.73	97.05%	100.00%	18.23	50.21%	100.00%	15.25			
	MinR	63.28%	100.00%	11.78	76.52%	100.00%	10.83	77.38%	100.00%	15.53	83.25%	100.00%	14.13	93.91%	100.00%	15.93	102.02%	100.00%	16.73	120.40%	100.00%	22.68	92.39%	100.00%	18.68	47.87%	100.00%	13.68			
	MaxFTime	62.12%	100.00%	10.93	85.14%	100.00%	17.58	86.45%	100.00%	15.22	96.55%	100.00%	18.43	105.49%	100.00%	20.28	107.12%	100.00%	21.48	125.12%	100.00%	24.13	98.20%	100.00%	20.7	50.07%	100.00%	13.9			
	MaxFTime	61.34%	100.00%	11.75	88.11%	100.00%	16.38	84.00%	100.00%	15.25	95.65%	100.00%	17.93	104.67%	100.00%	19.88	109.40%	100.00%	20.58	124.90%	100.00%	23.38	101.87%	100.00%	22.75	42.91%	100.00%	14.83			
	MaxPVS+	59.28%	100.00%	10.85	78.33%	100.00%	12.98	80.90%	100.00%	13.98	85.71%	100.00%	14.85	94.11%	100.00%	16.4	101.79%	100.00%	18.63	122.06%	100.00%	21.45	95.06%	100.00%	16.48	44.77%	100.00%	15.15			
MaxPVS-	59.12%	100.00%	10.2	75.52%	100.00%	12.18	77.56%	100.00%	14.35	82.13%	100.00%	14.03	90.52%	100.00%	16.8	98.20%	100.00%	18.38	116.76%	100.00%	21.7	91.31%	100.00%	16.78	42.10%	100.00%	13.3				

Tabela 44: Resultados da heurística PS para a família Roszieg mod 1

	K_{Max-2}																										
	MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6				MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB	
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD	31.05%	100.00%	11.35	31.05%	100.00%	10.55	31.05%	100.00%	10.13	31.05%	100.00%	8.93	31.05%	100.00%	10.13	31.05%	100.00%	10.13	31.05%	100.00%	10.18	31.05%	100.00%	9.78	31.29%	100.00%	11.73
MinR	31.70%	100.00%	9.88	31.70%	100.00%	10.43	31.70%	100.00%	10.63	31.70%	100.00%	11.3	31.70%	100.00%	10.9	31.70%	100.00%	10.9	31.70%	100.00%	9.53	31.70%	100.00%	10.4	32.11%	100.00%	12.45
MaxFTime	31.38%	100.00%	10.4	31.38%	100.00%	12.23	31.38%	100.00%	11.73	31.38%	100.00%	11.33	31.38%	100.00%	10.18	31.38%	100.00%	10.18	31.38%	100.00%	11.98	31.38%	100.00%	11.43	31.87%	100.00%	14.95
MaxFTime	30.04%	100.00%	12.85	30.04%	100.00%	9.68	30.04%	100.00%	9.83	30.04%	100.00%	12.13	30.04%	100.00%	12.13	30.04%	100.00%	12.13	30.04%	100.00%	11.73	30.04%	100.00%	10.43	30.98%	100.00%	14.3
MaxPWS+	28.34%	100.00%	9.03	28.34%	100.00%	11.68	28.34%	100.00%	9.35	28.34%	100.00%	9.38	28.34%	100.00%	8.58	28.34%	100.00%	9.33	28.34%	100.00%	11.25	28.99%	100.00%	11.7	26.98%	100.00%	9.75
MaxPWS-	28.36%	100.00%	10.5	28.36%	100.00%	8.98	28.36%	100.00%	11.3	28.36%	100.00%	9.38	28.36%	100.00%	11.55	28.36%	100.00%	11.68	28.36%	100.00%	9.75	29.01%	100.00%	8.18	27.40%	100.00%	14.08

	K_{Max-3}																															
	MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				MaxTasks2				MaxTasks3				MaxTasksK				MinRLB		
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T		
MinD	76.83%	100.00%	13.55	76.83%	100.00%	14.4	76.83%	100.00%	14.03	76.83%	100.00%	13.23	76.83%	100.00%	12.5	76.83%	100.00%	14.5	76.83%	100.00%	13.65	76.83%	100.00%	10.03	76.83%	100.00%	10.5					
MinR	74.07%	100.00%	13.75	74.07%	100.00%	12.85	74.07%	100.00%	12.15	74.07%	100.00%	14.75	74.07%	100.00%	15.55	74.07%	100.00%	13.68	74.07%	100.00%	15.28	73.72%	100.00%	9.03	73.72%	100.00%	12.98					
MaxFTime	73.72%	100.00%	14.45	73.72%	100.00%	15.65	73.72%	100.00%	16.28	73.72%	100.00%	14.5	73.72%	100.00%	14.4	73.72%	100.00%	14.43	73.72%	100.00%	14.05	73.72%	100.00%	10.65	73.92%	100.00%	12.05					
MaxFTime	73.84%	100.00%	13.63	73.84%	100.00%	12.48	73.84%	100.00%	14.58	73.84%	100.00%	15.58	73.84%	100.00%	13.73	73.84%	100.00%	15.68	73.84%	100.00%	14.05	73.84%	100.00%	10.05	33.34%	100.00%	12.15					
MaxPWS+	65.01%	100.00%	12.5	65.01%	100.00%	12.8	65.01%	100.00%	12.68	65.01%	100.00%	12.48	65.01%	100.00%	12.48	65.01%	100.00%	11.98	65.01%	100.00%	11.98	65.01%	100.00%	7.68	30.45%	100.00%	8.15					
MaxPWS-	64.85%	100.00%	13.95	64.85%	100.00%	12.98	64.85%	100.00%	12.25	64.85%	100.00%	12.13	64.85%	100.00%	12.48	64.85%	100.00%	13.23	64.85%	100.00%	13.43	64.85%	100.00%	9.03	30.82%	100.00%	11.73					

Tabela 45: Resultados da heurística PW para a família Roszieg mod 1

	$K_{Max=2}$																															
	MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6				MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB						
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T		
MinD	32.38%	100.00%	16.83	41.25%	100.00%	19.15	44.01%	100.00%	18.75	43.56%	100.00%	19.78	53.71%	100.00%	22.18	53.09%	100.00%	23.35	56.41%	100.00%	25.75	54.62%	100.00%	22.53	53.62%	100.00%	23.5	46.62%	100.00%	24.1	46.62%	100.00%
MinR	33.51%	100.00%	15.5	40.67%	100.00%	17.13	43.32%	100.00%	19.03	43.26%	100.00%	21.78	53.49%	100.00%	25.03	53.75%	100.00%	24.1	53.69%	100.00%	24.1	53.69%	100.00%	23.5	53.69%	100.00%	23.5	46.62%	100.00%	24.1	46.62%	100.00%
MaxFTime	33.89%	100.00%	20.33	43.16%	100.00%	21.48	44.63%	100.00%	23.03	45.07%	100.00%	21.45	50.04%	100.00%	22.6	49.72%	100.00%	24.98	55.57%	100.00%	26.18	49.64%	100.00%	24.15	49.64%	100.00%	24.15	45.06%	100.00%	27.43	45.06%	100.00%
MaxPTime	32.23%	100.00%	16.75	38.35%	100.00%	20.33	39.08%	100.00%	19.6	42.92%	100.00%	21.8	51.85%	100.00%	22.4	52.01%	100.00%	22.6	57.12%	100.00%	26.65	52.02%	100.00%	20.65	52.02%	100.00%	20.68	43.37%	100.00%	24.45	43.37%	100.00%
MaxPWS+	30.23%	100.00%	17.6	34.44%	100.00%	15.9	34.01%	100.00%	16.73	34.82%	100.00%	18.03	43.71%	100.00%	20.3	46.89%	100.00%	21.9	50.20%	100.00%	23.65	46.81%	100.00%	21.8	46.81%	100.00%	21.8	43.37%	100.00%	24.45	43.37%	100.00%
MaxPWS-	30.41%	100.00%	14.38	31.29%	100.00%	17.23	33.82%	100.00%	16.75	34.05%	100.00%	17.58	43.79%	100.00%	21.9	46.89%	100.00%	22.23	49.95%	100.00%	22.65	46.89%	100.00%	21.9	46.89%	100.00%	21.9	40.96%	100.00%	24.63	40.96%	100.00%
	$K_{Max=3}$																															
	MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6				MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB						
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T		
MinD	44.91%	100.00%	25.88	52.96%	100.00%	26.95	52.19%	100.00%	28.65	53.57%	100.00%	27.8	59.75%	100.00%	30.18	59.97%	100.00%	32.65	60.41%	100.00%	32.35	54.83%	100.00%	31.53	48.26%	100.00%	31.53	48.26%	100.00%	32.8	48.26%	100.00%
MinR	43.20%	100.00%	23.93	49.95%	100.00%	27.9	49.89%	100.00%	27	51.35%	100.00%	28.6	57.38%	100.00%	29.5	57.39%	100.00%	30.13	57.39%	100.00%	31.58	54.01%	100.00%	28.53	45.62%	100.00%	31.53	45.62%	100.00%	36.45	45.62%	100.00%
MaxFTime	43.11%	100.00%	26.18	50.53%	100.00%	30.35	48.72%	100.00%	28.25	50.63%	100.00%	29.18	54.39%	100.00%	33.23	53.99%	100.00%	33.1	56.38%	100.00%	34.33	50.33%	100.00%	31.43	46.06%	100.00%	31.43	46.06%	100.00%	35.83	46.06%	100.00%
MaxPTime	42.58%	100.00%	24.58	48.12%	100.00%	26.55	46.31%	100.00%	30.23	50.03%	100.00%	29.68	55.67%	100.00%	31.25	56.00%	100.00%	32.78	57.04%	100.00%	34.3	52.51%	100.00%	32.78	41.12%	100.00%	32.78	41.12%	100.00%	32.08	41.12%	100.00%
MaxPWS+	43.02%	100.00%	23.15	42.62%	100.00%	23.9	41.96%	100.00%	23.88	42.94%	100.00%	26.3	47.88%	100.00%	26.25	49.18%	100.00%	29.65	50.17%	100.00%	28.13	47.27%	100.00%	28.53	43.37%	100.00%	28.53	43.37%	100.00%	30.55	43.37%	100.00%
MaxPWS-	42.94%	100.00%	23.2	42.29%	100.00%	23.55	41.39%	100.00%	25.13	42.37%	100.00%	24.28	47.55%	100.00%	26.28	48.86%	100.00%	27.68	49.92%	100.00%	26.13	47.27%	100.00%	25.75	40.96%	100.00%	25.75	40.96%	100.00%	32.25	40.96%	100.00%

obtidos pelas heurísticas P1, P2, PS e PW, respectivamente.

Para a família Roszieg mod 2, a heurística P1 conseguiu encontrar soluções utilizando paralelismo em todas as instâncias, apesar de que algumas combinações de regras não conseguiram resolver muitas instâncias. As melhores soluções encontradas para $K_{Max} = 2$ estavam, em média, a 12,67% das soluções ótimas para o ALWABP serial. A regra MinR, quando combinada com a regra MaxTasks1.8, retornou as melhores soluções em média para $K_{Max} = 2$. Para $K_{Max} = 3$, a combinação das regras MaxTasks3 e MaxIFTime encontrou as melhores soluções em média, porém esta combinação conseguiu resolver poucas instâncias.

As melhores soluções encontradas pela heurística P2 estavam, em média, a 10,42% das melhores soluções para o ALWABP serial para $K_{Max} = 2$ e a 10,65% para $K_{Max} = 3$. A regra MinRLB, quando combinada com a regra MaxPWS+, retornou as melhores soluções em média.

Para a heurística PS, as melhores soluções encontradas estavam, em média, a 7,97% das respectivas soluções ótimas do problema serial para $K_{Max} = 2$ e a 8,89% para $K_{Max} = 3$. Esta heurística foi capaz de encontrar quatro soluções cujos tempos de execução são melhores que os tempos de execução das soluções ótimas das respectivas instâncias para o ALWABP serial. A regra MinRLB encontrou as melhores soluções, em média, quando combinada com as regras MaxPWS- para $K_{Max} = 2$ e MaxPWS+ para $K_{Max} = 3$.

As melhores soluções encontradas pela heurística PW estavam, em média, a 7,16% das soluções ótimas das respectivas instâncias para o ALWABP serial utilizando $K_{Max} = 2$ e a 8,11% utilizando $K_{Max} = 3$. Para $K_{Max} = 2$, em três instâncias a heurística conseguiu encontrar soluções melhores do que aquelas encontradas pelo ALWABP serial. As melhores soluções, em média, para esta heurística foram encontradas pela combinação das regras MinR e MaxTasks3.

Os resultados das heurísticas P1, P2, PS e PW para a família Heskia mod 1 podem ser vistos nas tabelas 50, 51, 52 e 53, respectivamente.

As melhores soluções obtidas pela heurística P1 estavam, em média, a 24,8% das soluções ótimas para o ALWABP serial, utilizando $K_{Max} = 2$, e a 25,86%, utilizando $K_{Max} = 3$. Para duas instâncias, foi possível encontrar soluções cujos tempos de ciclo eram menores que as soluções para o ALWABP serial. A combinação das regras MinRLB e MinR obteve as soluções com menor tempo de ciclo em média.

Para a heurística P2, as melhores soluções estavam, em média, a 15,11% das melhores

Tabela 46: Resultados da heurística P1 para a família Roszieg mod 2

		$K_{Max}=2$																		$K_{Max}=3$																	
MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB													
C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T											
MinD	32.94%	100.00%	7.05	28.46%	100.00%	6.23	25.01%	97.50%	7.92	28.07%	90.00%	8.75	26.78%	70.00%	8.93	38.66%	45.00%	12.89	-	0.00%	-	46.87%	35.00%	14.5	27.49%	100.00%	12.38										
MinR	29.91%	100.00%	5.9	28.22%	100.00%	8.18	24.78%	97.50%	4.79	37.69%	95.00%	11.53	21.16%	70.00%	7.32	35.81%	45.00%	12.94	23.14%	2.50%	15	48.55%	40.00%	13.75	30.76%	100.00%	13.65										
MaxFTime	37.12%	100.00%	11.08	34.38%	100.00%	7	29.80%	97.50%	7.59	35.25%	90.00%	8.64	21.16%	65.00%	10.85	34.29%	47.50%	11.47	29.63%	2.50%	15	37.54%	40.00%	12.75	27.81%	100.00%	12.9										
MaxPTime	35.98%	100.00%	6.25	33.72%	100.00%	10.18	28.17%	97.50%	7.51	25.99%	85.00%	8.29	27.31%	67.50%	10.93	34.46%	45.00%	11.22	29.63%	2.50%	16	41.47%	37.50%	13.47	25.73%	100.00%	12.53										
MaxPWS+	32.34%	100.00%	8.05	31.51%	100.00%	7.43	31.99%	100.00%	6.63	32.78%	92.50%	9.7	24.98%	70.00%	11.64	36.91%	52.50%	9.57	29.63%	2.50%	16	33.85%	37.50%	10.4	25.90%	100.00%	12.5										
MaxPWS-	31.90%	100.00%	5.15	30.86%	100.00%	8.23	32.22%	100.00%	7.45	31.26%	95.00%	6.97	26.05%	70.00%	11.64	36.13%	55.00%	8.5	-	0.00%	-	32.81%	37.50%	11.53	25.25%	100.00%	10.18										
MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB													
C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T											
MinD	31.91%	100.00%	10.88	27.77%	100.00%	10.58	26.83%	97.50%	10.33	30.20%	90.00%	11.72	25.38%	72.50%	11.93	29.29%	50.00%	13.85	20.57%	2.50%	15	46.87%	35.00%	23.36	27.23%	100.00%	17.58										
MinR	29.16%	100.00%	10.03	27.38%	100.00%	9.7	26.30%	97.50%	9.64	30.27%	95.00%	15.24	23.56%	72.50%	9.17	27.51%	52.50%	14.05	21.45%	5.00%	8	48.55%	40.00%	22.31	30.57%	100.00%	21										
MaxFTime	35.98%	100.00%	11.33	34.09%	100.00%	12.85	29.87%	97.50%	10.44	34.92%	90.00%	13.44	27.43%	67.50%	13.93	27.39%	47.50%	14.79	15.95%	5.00%	15	37.54%	40.00%	18.56	27.87%	100.00%	17.63										
MaxPTime	34.85%	100.00%	12.48	33.81%	100.00%	11.18	30.37%	97.50%	10.23	26.26%	85.00%	13.21	26.93%	70.00%	11.79	26.05%	47.50%	13.89	21.70%	7.50%	21	41.47%	37.50%	19.8	25.60%	100.00%	17										
MaxPWS+	32.36%	100.00%	11.53	31.54%	100.00%	7.95	33.41%	100.00%	11.88	31.60%	92.50%	11.08	23.68%	70.00%	12.39	27.40%	57.50%	10.17	28.13%	7.50%	15.67	33.85%	37.50%	16.53	25.90%	100.00%	18.08										
MaxPWS-	31.90%	100.00%	8.8	30.81%	100.00%	10.88	33.14%	100.00%	10.8	32.17%	95.00%	12.58	23.70%	70.00%	10	28.00%	57.50%	14.57	27.30%	5.00%	8	32.81%	37.50%	16.73	25.25%	100.00%	17.65										

Tabela 47: Resultados da heurística P2 para a família Roszieg mod 2

	$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$														
	MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB		
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD	36.40	100.00	7.45	23.69	100.00	5.5	22.38	100.00	9.03	30.45	100.00	9.4	52.05	100.00	12.43	55.24	100.00	12.15	75.47	100.00	16.23	55.24	100.00	11.28	22.09	100.00	11
MinR	33.52	100.00	7.48	25.49	100.00	7	22.70	100.00	6.93	30.57	100.00	9.4	46.84	100.00	11.4	49.10	100.00	12.08	74.02	100.00	15.23	49.10	100.00	10.83	23.66	100.00	9.68
MaxFTime	40.64	100.00	7.45	26.27	100.00	7.33	25.12	100.00	9.08	34.09	100.00	8.53	52.17	100.00	14	54.42	100.00	14.08	76.93	100.00	17.93	54.50	100.00	14.45	23.17	100.00	12.13
MaxFTime	38.76	100.00	7.1	26.64	100.00	5.53	25.03	100.00	7.7	33.59	100.00	11.23	48.98	100.00	12.28	52.59	100.00	12.2	73.01	100.00	16.98	52.59	100.00	10.15	22.87	100.00	9.68
MaxPWS+	38.02	100.00	6.58	24.24	100.00	5.48	23.91	100.00	9.28	32.93	100.00	7.78	45.29	100.00	11.03	49.22	100.00	11.6	69.99	100.00	15.78	49.11	100.00	10.9	21.08	100.00	8.58
MaxPWS-	37.20	100.00	7.48	24.33	100.00	6.55	23.92	100.00	8.18	32.36	100.00	7.13	43.55	100.00	11.03	48.55	100.00	11.63	70.10	100.00	14.08	48.66	100.00	12.1	20.88	100.00	9.95
	MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB		
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD	42.35	100.00	11.38	27.81	100.00	11.35	28.13	100.00	10.85	32.75	100.00	10.2	50.08	100.00	15.88	53.64	100.00	15.88	72.25	100.00	23.08	55.24	100.00	18	21.83	100.00	16.43
MinR	41.79	100.00	10.13	30.11	100.00	10.2	28.95	100.00	11.35	33.80	100.00	12.45	48.80	100.00	15.23	51.02	100.00	16.68	72.12	100.00	21.85	49.10	100.00	16.45	23.47	100.00	16.28
MaxFTime	47.19	100.00	12.08	32.37	100.00	10.55	32.76	100.00	11.95	39.65	100.00	12.55	54.23	100.00	17.18	55.06	100.00	18	74.93	100.00	24.93	54.50	100.00	19.9	23.37	100.00	16.78
MaxFTime	44.46	100.00	10.05	30.77	100.00	10.95	31.52	100.00	10.05	39.53	100.00	12.98	49.26	100.00	18.3	51.61	100.00	16	70.47	100.00	22.33	52.59	100.00	19.05	22.74	100.00	16
MaxPWS+	42.24	100.00	8.98	28.39	100.00	9.75	29.71	100.00	10.88	36.99	100.00	11.33	44.24	100.00	14.38	46.70	100.00	15.58	66.68	100.00	21.48	49.11	100.00	15.2	21.08	100.00	15.63
MaxPWS-	43.41	100.00	10.78	28.77	100.00	9.75	29.90	100.00	7.83	35.81	100.00	14.9	43.84	100.00	11.63	48.53	100.00	14.88	66.78	100.00	20.7	48.66	100.00	16.35	20.88	100.00	16.43

Tabela 48: Resultados da heurística PS para a família Roszig mod 2

$K_{Max}=2$													
MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3	
C%	P%	C%	T	C%	P%	C%	T	C%	P%	C%	T	C%	P%
Mind	13.61%	100.00%	12.1	13.61%	100.00%	10.98	13.61%	100.00%	11.33	13.61%	100.00%	12.88	13.84%
Mmr	13.22%	100.00%	13.23	13.22%	100.00%	12.05	13.22%	100.00%	11.7	13.22%	100.00%	11.3	13.20%
MaxFTime	14.43%	100.00%	12.85	14.43%	100.00%	11.65	14.43%	100.00%	13.55	14.43%	100.00%	13.68	14.21%
MaxFTime	14.54%	100.00%	14.1	14.54%	100.00%	12.15	14.54%	100.00%	11.73	14.54%	100.00%	12.48	14.49%
MaxPVS+	14.38%	100.00%	10.88	14.38%	100.00%	11.73	14.38%	100.00%	10.5	14.38%	100.00%	12.13	14.35%
MaxPVS-	14.99%	100.00%	12.45	14.99%	100.00%	12.45	14.99%	100.00%	12.85	14.99%	100.00%	12.45	15.11%
$K_{Max}=3$													
MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3	
C%	P%	C%	T	C%	P%	C%	T	C%	P%	C%	T	C%	P%
Mind	19.61%	100.00%	14.78	19.61%	100.00%	14.83	19.61%	100.00%	15.13	19.61%	100.00%	14.35	18.20%
Mmr	18.31%	100.00%	12.93	18.31%	100.00%	14.1	18.31%	100.00%	14.15	18.31%	100.00%	12.93	16.90%
MaxFTime	23.45%	100.00%	16.65	23.45%	100.00%	15.6	23.45%	100.00%	15.53	23.45%	100.00%	16.35	20.61%
MaxFTime	23.27%	100.00%	15.3	23.27%	100.00%	15.68	23.27%	100.00%	16.33	23.27%	100.00%	14.8	20.48%
MaxPVS+	21.79%	100.00%	15.63	21.79%	100.00%	14.1	21.79%	100.00%	15.18	21.79%	100.00%	14.83	20.56%
MaxPVS-	21.49%	100.00%	12.05	21.49%	100.00%	12.43	21.49%	100.00%	12.55	21.49%	100.00%	11.63	20.26%
$K_{Max}=2$													
MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3	
C%	P%	C%	T	C%	P%	C%	T	C%	P%	C%	T	C%	P%
Mind	13.61%	100.00%	12.1	13.61%	100.00%	10.98	13.61%	100.00%	11.33	13.61%	100.00%	12.88	13.84%
Mmr	13.22%	100.00%	13.23	13.22%	100.00%	12.05	13.22%	100.00%	11.7	13.22%	100.00%	11.3	13.20%
MaxFTime	14.43%	100.00%	12.85	14.43%	100.00%	11.65	14.43%	100.00%	13.55	14.43%	100.00%	13.68	14.21%
MaxFTime	14.54%	100.00%	14.1	14.54%	100.00%	12.15	14.54%	100.00%	11.73	14.54%	100.00%	12.48	14.49%
MaxPVS+	14.38%	100.00%	10.88	14.38%	100.00%	11.73	14.38%	100.00%	10.5	14.38%	100.00%	12.13	14.35%
MaxPVS-	14.99%	100.00%	12.45	14.99%	100.00%	12.45	14.99%	100.00%	12.85	14.99%	100.00%	12.45	15.11%
$K_{Max}=3$													
MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3	
C%	P%	C%	T	C%	P%	C%	T	C%	P%	C%	T	C%	P%
Mind	13.61%	100.00%	12.1	13.61%	100.00%	10.98	13.61%	100.00%	11.33	13.61%	100.00%	12.88	13.84%
Mmr	13.22%	100.00%	13.23	13.22%	100.00%	12.05	13.22%	100.00%	11.7	13.22%	100.00%	11.3	13.20%
MaxFTime	14.43%	100.00%	12.85	14.43%	100.00%	11.65	14.43%	100.00%	13.55	14.43%	100.00%	13.68	14.21%
MaxFTime	14.54%	100.00%	14.1	14.54%	100.00%	12.15	14.54%	100.00%	11.73	14.54%	100.00%	12.48	14.49%
MaxPVS+	14.38%	100.00%	10.88	14.38%	100.00%	11.73	14.38%	100.00%	10.5	14.38%	100.00%	12.13	14.35%
MaxPVS-	14.99%	100.00%	12.45	14.99%	100.00%	12.45	14.99%	100.00%	12.85	14.99%	100.00%	12.45	15.11%

Tabela 49: Resultados da heurística PV para a família Roszig mod 2

$K_{Max}=2$													
MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3	
C%	P%	C%	T	C%	P%	C%	T	C%	P%	C%	T	C%	P%
Mind	15.32%	100.00%	15.23	12.79%	100.00%	16.33	13.93%	100.00%	18.28	13.50%	100.00%	16.73	12.83%
Mmr	14.63%	100.00%	16.8	12.73%	100.00%	16.73	14.25%	100.00%	18.83	13.09%	100.00%	19.2	12.88%
MaxFTime	16.65%	100.00%	17.88	14.40%	100.00%	18.68	14.95%	100.00%	16.6	14.84%	100.00%	20.65	14.95%
MaxFTime	17.52%	100.00%	17.53	14.92%	100.00%	17.6	15.08%	100.00%	20.03	15.02%	100.00%	18.78	14.61%
MaxPVS+	16.79%	100.00%	16.38	13.99%	100.00%	17.1	14.66%	100.00%	18.7	14.78%	100.00%	19.28	15.31%
MaxPVS-	17.07%	100.00%	16.83	14.52%	100.00%	17.6	15.47%	100.00%	17.08	15.61%	100.00%	18.83	14.92%
$K_{Max}=3$													
MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3	
C%	P%	C%	T	C%	P%	C%	T	C%	P%	C%	T	C%	P%
Mind	21.10%	100.00%	26.08	17.72%	100.00%	25.53	17.72%	100.00%	26.58	15.53%	100.00%	27.68	14.88%
Mmr	21.26%	100.00%	26.18	18.79%	100.00%	25.38	18.00%	100.00%	27.2	15.06%	100.00%	27.33	14.82%
MaxFTime	22.90%	100.00%	28.5	20.22%	100.00%	29.15	18.92%	100.00%	28.53	16.91%	100.00%	30.53	16.33%
MaxFTime	22.65%	100.00%	24.6	19.85%	100.00%	28.18	18.96%	100.00%	27.73	17.23%	100.00%	28.58	16.11%
MaxPVS+	21.12%	100.00%	24.93	18.24%	100.00%	23.43	18.15%	100.00%	25.35	17.21%	100.00%	27.35	16.99%
MaxPVS-	21.32%	100.00%	24.53	19.05%	100.00%	24.53	19.15%	100.00%	26.03	17.68%	100.00%	24.98	16.68%
$K_{Max}=3$													
MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3	
C%	P%	C%	T	C%	P%	C%	T	C%	P%	C%	T	C%	P%
Mind	21.10%	100.00%	26.08	17.72%	100.00%	25.53	17.72%	100.00%	26.58	15.53%	100.00%	27.68	14.88%
Mmr	21.26%	100.00%	26.18	18.79%	100.00%	25.38	18.00%	100.00%	27.2	15.06%	100.00%	27.33	14.82%
MaxFTime	22.90%	100.00%	28.5	20.22%	100.00%	29.15	18.92%	100.00%	28.53	16.91%	100.00%	30.53	16.33%
MaxFTime	22.65%	100.00%	24.6	19.85%	100.00%	28.18	18.96%	100.00%	27.73	17.23%	100.00%	28.58	16.11%
MaxPVS+	21.12%	100.00%	24.93	18.24%	100.00%	23.43	18.15%	100.00%	25.35	17.21%	100.00%	27.35	16.99%
MaxPVS-	21.32%	100.00%	24.53	19.05%	100.00%	24.53	19.15%	100.00%	26.03	17.68%	100.00%	24.98	16.68%
$K_{Max}=3$													
MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3	
C%	P%	C%	T	C%	P%	C%	T	C%	P%	C%	T	C%	P%
Mind	21.10%	100.00%	26.08	17.72%	100.00%	25.53	17.72%	100.00%	26.58	15.53%	100.00%	27.68	14.88%
Mmr	21.26%	100.00%	26.18	18.79%	100.00%	25.38	18.00%	100.00%	27.2	15.06%	100.00%	27.33	14.82%
MaxFTime	22.90%	100.00%	28.5	20.22%	100.00%	29.15	18.92%	100.00%	28.53	16.91%	100.00%	30.53	16.33%
MaxFTime	22.65%	100.00%	24.6	19.85%	100.00%	28.18	18.96%	100.00%	27.73	17.23%	100.00%	28.58	16.11%
MaxPVS+	21.12%	100.00%	24.93	18.24%	100.00%	23.43	18.15%	100.00%	25.35	17.21%	100.00%	27.35	16.99%
MaxPVS-	21.32%	100.00%	24.53	19.05%	100.00%	24.53	19.15%	100.00%	26.03	17.68%	100.00%	24.98	16.68%

Tabela 50: Resultados da heurística P1 para a família Heskia mod 1

$K_{Max}=2$																											
	Max Tasks1			Max Tasks1.2			Max Tasks1.4			Max Tasks1.6			Max Tasks1.8			Max Tasks2			Max Tasks3			Max TasksK			MinRLB		
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD	38.20%	82.50%	53.85	24.11%	80.00%	41.91	24.85%	67.50%	44.63	30.00%	60.00%	54.54	38.38%	42.50%	63.35	35.55%	22.50%	64.11	-	0.00%	-	30.01%	15.00%	60	18.73%	75.00%	51.97
MinR	63.31%	85.00%	59.09	41.46%	85.00%	44.53	18.36%	70.00%	36.75	26.62%	67.50%	51.96	33.63%	50.00%	64.7	49.16%	35.00%	85.71	-	0.00%	-	52.30%	17.50%	100.29	16.89%	72.50%	47.52
MaxF Time	33.29%	75.00%	56.17	27.34%	75.00%	50.93	29.66%	65.00%	64.27	35.77%	52.50%	71.29	38.56%	35.00%	85.86	40.71%	17.50%	87	-	0.00%	-	15.02%	2.50%	31	27.89%	75.00%	69.03
MaxF Time	33.01%	75.00%	55	26.65%	77.50%	50.32	29.72%	67.50%	60.81	35.54%	57.50%	70.48	40.41%	40.00%	83.75	45.53%	17.50%	93.71	-	0.00%	-	100.58%	2.50%	140	25.62%	70.00%	63
MaxPWS+	54.67%	85.00%	55.5	25.87%	85.00%	43.15	23.41%	82.50%	40.24	22.75%	82.50%	44.33	29.28%	82.50%	52.15	42.67%	80.00%	62.38	39.02%	50.00%	73.3	34.77%	70.00%	58.5	27.15%	82.50%	65.55
MaxPWS-	51.76%	82.50%	54.42	35.08%	82.50%	45.3	25.76%	80.00%	42.41	22.52%	80.00%	41.5	23.39%	82.50%	46.33	41.44%	80.00%	59.88	42.99%	55.00%	78.14	38.45%	72.50%	66.14	28.85%	77.50%	66.84
$K_{Max}=3$																											
	Max Tasks1			Max Tasks1.2			Max Tasks1.4			Max Tasks1.6			Max Tasks1.8			Max Tasks2			Max Tasks3			Max TasksK			MinRLB		
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD	72.69%	82.50%	95.33	39.57%	80.00%	77.53	31.16%	62.50%	63.04	31.13%	60.00%	72.92	34.06%	47.50%	76.95	33.52%	30.00%	89.58	-	0.00%	-	30.01%	15.00%	78	18.73%	75.00%	64.53
MinR	87.41%	85.00%	100.53	60.80%	82.50%	84.7	35.56%	67.50%	71.07	33.16%	67.50%	76.19	34.11%	52.50%	86.24	49.84%	35.00%	116.07	-	0.00%	-	52.30%	17.50%	142.57	16.89%	72.50%	60.72
MaxF Time	64.37%	75.00%	106.63	44.16%	75.00%	95.23	36.04%	65.00%	89.38	35.93%	52.50%	95.76	40.71%	37.50%	114.6	40.71%	17.50%	118.14	-	0.00%	-	15.02%	2.50%	31	27.89%	75.00%	91
MaxF Time	64.16%	75.00%	106.47	43.92%	77.50%	93.65	34.89%	67.50%	85	36.08%	55.00%	93.59	41.19%	40.00%	111.25	44.43%	17.50%	127	-	0.00%	-	100.58%	2.50%	218	25.62%	70.00%	83.61
MaxPWS+	68.75%	82.50%	78.91	44.71%	82.50%	67.73	40.88%	80.00%	60.84	41.50%	80.00%	66.38	48.24%	82.50%	79.48	61.71%	80.00%	93.06	37.13%	42.50%	90.82	36.11%	70.00%	84.75	27.15%	82.50%	86.88
MaxPWS-	72.73%	80.00%	83.5	57.39%	80.00%	74.44	46.85%	77.50%	67.84	42.56%	77.50%	62.94	42.50%	82.50%	70.06	49.71%	77.50%	85.65	39.36%	47.50%	93.68	38.83%	72.50%	91.76	28.85%	77.50%	88.94

Tabela 51: Resultados da heurística P2 para a família Heskia mod 1

$K_{Max}=2$																											
MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB			
C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	
80.32%	100.00%	73.73	58.61%	97.50%	60	30.07%	95.00%	78.42	43.01%	95.00%	98.5	43.41%	92.50%	120.11	114.79%	87.50%	133.63	156.62%	85.00%	181.74	114.73%	87.50%	132.71	36.82%	100.00%	70.2	
96.71%	100.00%	79.95	35.60%	95.00%	53.79	141.80%	95.00%	67.34	152.11%	95.00%	87.45	163.39%	95.00%	106.66	173.72%	95.00%	112.5	228.11%	92.50%	184.62	173.72%	95.00%	114.16	34.13%	100.00%	69.83	
89.54%	100.00%	92.73	44.98%	95.00%	72.71	57.33%	95.00%	90.68	69.87%	92.50%	111.43	96.89%	90.00%	153.25	101.16%	95.00%	138.33	138.85%	85.00%	208.79	101.16%	90.00%	157.25	45.22%	97.50%	90.08	
88.83%	100.00%	87.45	42.59%	97.50%	67.36	38.84%	97.50%	93.23	69.52%	95.00%	111.29	94.06%	95.00%	144.97	96.11%	95.00%	151.16	137.66%	87.50%	206.36	96.11%	95.00%	150.38	46.69%	97.50%	89.9	
80.49%	100.00%	71.83	26.72%	100.00%	42.83	119.36%	100.00%	47.95	118.82%	100.00%	48.8	120.72%	100.00%	52.95	125.11%	100.00%	58.03	166.33%	95.00%	109.66	125.13%	100.00%	59.35	36.79%	100.00%	76.9	
91.30%	100.00%	75.3	34.63%	100.00%	51.13	122.97%	100.00%	47.48	122.33%	100.00%	52.3	122.71%	100.00%	53.8	125.01%	100.00%	58.15	160.76%	95.00%	97.71	125.17%	100.00%	58.45	42.65%	100.00%	81.95	
$K_{Max}=3$																											
MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB			
C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	
188.83%	95.00%	174.82	92.03%	92.50%	123.54	413.58%	92.50%	125.22	431.67%	92.50%	143	450.03%	90.00%	159.33	115.30%	87.50%	171.2	156.62%	85.00%	212.29	114.73%	87.50%	176.8	36.82%	100.00%	91.28	
213.13%	100.00%	183.73	98.22%	95.00%	137.89	174.51%	95.00%	138.03	177.72%	95.00%	146.47	188.20%	95.00%	167.95	191.06%	95.00%	172.54	228.11%	92.50%	241.14	173.72%	95.00%	149.5	34.13%	100.00%	89.53	
170.53%	100.00%	214.48	85.30%	92.50%	156.95	71.82%	95.00%	149.65	80.00%	92.50%	164.84	98.33%	90.00%	199.31	101.34%	90.00%	206.31	138.85%	85.00%	275.24	101.16%	90.00%	208.33	45.22%	97.50%	116.49	
170.45%	100.00%	211.05	85.16%	95.00%	155.16	76.58%	95.00%	150.29	78.84%	95.00%	162.13	95.33%	95.00%	195.39	96.24%	95.00%	196.71	138.82%	87.50%	265.63	96.11%	95.00%	199.79	46.69%	97.50%	115.69	
205.15%	100.00%	157.98	92.57%	95.00%	124.11	178.47%	95.00%	121.97	177.07%	95.00%	127.36	174.47%	97.50%	127.69	168.55%	95.00%	133	195.63%	92.50%	176.22	125.37%	100.00%	77.38	36.79%	100.00%	100.15	
235.40%	100.00%	179.1	119.83%	95.00%	140.45	194.07%	95.00%	136.58	186.20%	95.00%	137.95	184.24%	97.50%	143.54	176.62%	95.00%	140	195.74%	92.50%	177.84	124.96%	100.00%	75.3	42.65%	100.00%	106.58	

Tabela 52: Resultados da heurística PS para a família Heskia mod 1

$K_{Hes}=2$															
MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6			
C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
Mind	18.71%	100.00%	57.8	18.71%	100.00%	56.53	18.71%	100.00%	56.98	18.71%	100.00%	57.63	18.71%	100.00%	55.83
MindR	17.48%	100.00%	54.5	17.48%	100.00%	56.53	17.48%	100.00%	56.03	17.48%	100.00%	55.88	17.48%	100.00%	56.8
MaxTime	35.25%	100.00%	83.15	35.25%	100.00%	82.33	35.25%	100.00%	81.98	35.25%	100.00%	81.35	35.25%	100.00%	82.38
MaxTime	34.71%	100.00%	75.6	34.71%	100.00%	77.98	34.71%	100.00%	79.28	34.71%	100.00%	76.9	34.71%	100.00%	76.43
MaxPVS+	19.30%	100.00%	60.13	19.30%	100.00%	60.1	19.30%	100.00%	58.83	19.30%	100.00%	62.83	19.30%	100.00%	59.63
MaxPVS-	20.68%	100.00%	63.13	20.68%	100.00%	62	20.68%	100.00%	61.7	20.68%	100.00%	61.98	20.68%	100.00%	62.08
$K_{Hes}=3$															
MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6			
C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
Mind	49.03%	72.50%	90	49.03%	72.50%	93	49.03%	72.50%	92	49.03%	72.50%	90	49.03%	72.50%	90
MindR	42.22%	67.50%	89.74	42.22%	67.50%	89.74	42.22%	67.50%	90	42.22%	67.50%	89.67	42.22%	67.50%	91.85
MaxTime	69.68%	77.50%	142.71	69.68%	77.50%	144.29	69.68%	77.50%	145.23	69.68%	77.50%	143.61	69.68%	77.50%	145.65
MaxTime	72.00%	82.50%	141.64	72.00%	82.50%	141.58	72.00%	82.50%	143.09	72.00%	82.50%	141.64	72.00%	82.50%	141.18
MaxPVS+	27.86%	65.00%	72.54	27.86%	65.00%	72.08	27.86%	65.00%	72.42	27.86%	65.00%	73.69	27.86%	65.00%	72.81
MaxPVS-	32.40%	65.00%	78.77	32.40%	65.00%	77.85	32.40%	65.00%	79.54	32.40%	65.00%	78.96	32.40%	65.00%	78.04
$K_{Hes}=2$															
MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6			
C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
Mind	49.03%	72.50%	90	49.03%	72.50%	93	49.03%	72.50%	92	49.03%	72.50%	90	49.03%	72.50%	90
MindR	42.22%	67.50%	89.74	42.22%	67.50%	89.74	42.22%	67.50%	90	42.22%	67.50%	89.67	42.22%	67.50%	91.85
MaxTime	69.68%	77.50%	142.71	69.68%	77.50%	144.29	69.68%	77.50%	145.23	69.68%	77.50%	143.61	69.68%	77.50%	145.65
MaxTime	72.00%	82.50%	141.64	72.00%	82.50%	141.58	72.00%	82.50%	143.09	72.00%	82.50%	141.64	72.00%	82.50%	141.18
MaxPVS+	27.86%	65.00%	72.54	27.86%	65.00%	72.08	27.86%	65.00%	72.42	27.86%	65.00%	73.69	27.86%	65.00%	72.81
MaxPVS-	32.40%	65.00%	78.77	32.40%	65.00%	77.85	32.40%	65.00%	79.54	32.40%	65.00%	78.96	32.40%	65.00%	78.04
$K_{Hes}=3$															
MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6			
C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
Mind	49.03%	72.50%	90	49.03%	72.50%	93	49.03%	72.50%	92	49.03%	72.50%	90	49.03%	72.50%	90
MindR	42.22%	67.50%	89.74	42.22%	67.50%	89.74	42.22%	67.50%	90	42.22%	67.50%	89.67	42.22%	67.50%	91.85
MaxTime	69.68%	77.50%	142.71	69.68%	77.50%	144.29	69.68%	77.50%	145.23	69.68%	77.50%	143.61	69.68%	77.50%	145.65
MaxTime	72.00%	82.50%	141.64	72.00%	82.50%	141.58	72.00%	82.50%	143.09	72.00%	82.50%	141.64	72.00%	82.50%	141.18
MaxPVS+	27.86%	65.00%	72.54	27.86%	65.00%	72.08	27.86%	65.00%	72.42	27.86%	65.00%	73.69	27.86%	65.00%	72.81
MaxPVS-	32.40%	65.00%	78.77	32.40%	65.00%	77.85	32.40%	65.00%	79.54	32.40%	65.00%	78.96	32.40%	65.00%	78.04

Tabela 53: Resultados da heurística PW para a família Heskia mod 1

$K_{Hes}=2$															
MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6			
C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
Mind	19.03%	100.00%	92.58	30.03%	100.00%	123.1	38.12%	100.00%	146.03	44.41%	100.00%	196.7	47.04%	100.00%	178.23
MindR	19.85%	100.00%	94.6	28.00%	100.00%	122.3	34.78%	100.00%	138.73	41.84%	100.00%	162.65	42.66%	100.00%	169.08
MaxTime	38.70%	100.00%	130.53	48.31%	100.00%	169.48	55.00%	100.00%	195.1	60.71%	100.00%	216.98	66.42%	100.00%	241.15
MaxTime	37.15%	100.00%	133	44.60%	100.00%	135.83	49.73%	100.00%	177.55	56.34%	100.00%	203.85	59.16%	100.00%	215.03
MaxPVS+	22.89%	100.00%	98.68	25.00%	100.00%	100.13	25.66%	100.00%	108.48	25.82%	100.00%	112.55	27.53%	100.00%	119.6
MaxPVS-	23.33%	100.00%	98.5	25.01%	100.00%	103.25	28.28%	100.00%	112.4	28.63%	100.00%	116.83	29.20%	100.00%	121.88
$K_{Hes}=3$															
MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6			
C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
Mind	54.77%	100.00%	257.8	49.95%	100.00%	250.03	48.35%	100.00%	247.38	50.03%	100.00%	261.58	50.21%	100.00%	266.65
MindR	56.57%	100.00%	270.65	52.41%	100.00%	261.65	53.65%	100.00%	270.38	52.85%	100.00%	277.05	49.51%	100.00%	267.23
MaxTime	69.64%	100.00%	391.9	68.87%	100.00%	332.95	64.55%	100.00%	330.65	64.69%	100.00%	332.75	66.49%	100.00%	347.78
MaxTime	70.97%	100.00%	325.28	65.20%	100.00%	310.75	60.83%	100.00%	302.65	60.46%	100.00%	310.48	61.47%	100.00%	317
MaxPVS+	76.95%	100.00%	282.83	56.60%	100.00%	259.88	58.85%	100.00%	269	59.70%	100.00%	279.13	54.07%	100.00%	262.3
MaxPVS-	91.92%	100.00%	306.98	130.39%	100.00%	286.68	148.05%	100.00%	294.73	63.81%	100.00%	285.88	58.31%	100.00%	276.23
$K_{Hes}=2$															
MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6			
C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
Mind	54.77%	100.00%	257.8	49.95%	100.00%	250.03	48.35%	100.00%	247.38	50.03%	100.00%	261.58	50.21%	100.00%	266.65
MindR	56.57%	100.00%	270.65	52.41%	100.00%	261.65	53.65%	100.00%	270.38	52.85%	100.00%	277.05	49.51%	100.00%	267.23
MaxTime	69.64%	100.00%	391.9	68.87%	100.00%	332.95	64.55%	100.00%	330.65	64.69%	100.00%	332.75	66.49%	100.00%	347.78
MaxTime	70.97%	100.00%	325.28	65.20%	100.00%	310.75	60.83%	100.00%	302.65	60.46%	100.00%	310.48	61.47%	100.00%	317
MaxPVS+	76.95%	100.00%	282.83	56.60%	100.00%	259.88	58.85%	100.00%	269	59.70%	100.00%	279.13	54.07%	100.00%	262.3
MaxPVS-	91.92%	100.00%	306.98	130.39%	100.00%	286.68	148.05%	100.00%	294.73	63.81%	100.00%	285.88	58.31%	100.00%	276.23
$K_{Hes}=3$															
MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6			
C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
Mind	54.77%	100.00%	257.8	49.95%	100.00%	250.03	48.35%	100.00%	247.38	50.03%	100.00%	261.58	50.21%	100.00%	266.65
MindR	56.57%	100.00%	270.65	52.41%	100.00%	261.65	53.65%	100.00%	270.38	52.85%	100.00%	277.05	49.51%	100.00%	267.23
MaxTime	69.64%	100.00%	391.9	68.87%	100.00%	332.95	64.55%	100.00%	330.65	64.69%	100.00%	332.75	66.49%	100.00%	347.78
MaxTime	70.97%	100.00%	325.28	65.20%	100.00%	310.75	60.83%	100.00%	302.65	60.46%	100.00%	310.48	61.47%	100.00%	317
MaxPVS+	76.95%	100.00%	282.83	56.60%	100.00%	259.88	58.85%	100.00%	269	59.70%	100.00%	279.13	54.07%	100.00%	262.3
MaxPVS-	91.92%	100.00%	306.98	130.39%	100.00%	286.68	148.05%	100.00%	294.73	63.81%	100.00%	285.88	58.31%	100.00%	276.23

soluções para o problema serial para $K_{Max} = 2$ e a 18,53% para $K_{Max} = 3$. Esta heurística também encontrou duas soluções cujos tempos de execução são melhores que as soluções ótimas das respectivas instâncias para o problema serial. Para $K_{Max} = 2$, as regras MaxTasks1.2 e MaxPWS- encontrou as melhores soluções em média. Já para $K_{Max} = 3$, as melhores soluções foram encontradas pelas regras MinRLB e MinR.

As melhores soluções encontradas pela heurística PS utilizando $K_{Max} = 2$ estavam a 10,23% das melhores soluções para o problema serial, enquanto que para $K_{Max} = 3$ estas soluções estavam a 11,05%. A família Heskia mod 1 foi a única em que a heurística PS não conseguiu achar soluções utilizando todas as combinações de regras. A combinação das regras MinRLB e MinD encontrou as melhores soluções em média.

Para a heurística PW, utilizando $K_{Max} = 2$, as melhores soluções encontradas estavam a 12,31% das soluções ótimas para o problema serial, enquanto que para $K_{Max} = 3$ estas soluções estavam a 16,66%. Duas instâncias apresentaram melhoria em relação à solução ótima do problema serial. A regra MinD encontrou as melhores soluções, em média, especialmente quando combinada com as regras MaxTasks1 para $K_{Max} = 2$ e MinRLB para $K_{Max} = 3$.

As tabelas 54, 55, 56 e 57 apresentam os resultados obtidos pelas heurísticas P1, P2, PS e PW, respectivamente, para a família Heskia mod 2.

Utilizando a heurística P1, as melhores soluções encontradas para a família Heskia mod 2 estavam, em média, a 7,16% das soluções ótimas para o problema serial para $K_{Max} = 2$ e a 8% para $K_{Max} = 3$. A combinação das regras MaxTasks3 e MinR obteve as melhores soluções em média, porém conseguiu resolver poucas instâncias.

Para a heurística P2, as melhores soluções encontradas para $K_{Max} = 2$ estavam, em média, a 5,94% das soluções ótimas para o ALWABP serial e a 6,64% para $K_{Max} = 3$. Esta heurística encontrou soluções melhores que as soluções ótimas para o problema serial em quatro instâncias. A combinação das regras MinRLB e MinR encontrou as melhores soluções, em média.

As melhores soluções encontradas pela heurística PS estavam, em média, a 2,77% das soluções ótimas para o problema serial, usando $K_{Max} = 2$, e a 3,76%, usando $K_{Max} = 3$. Em seis instâncias esta heurística conseguiu encontrar soluções melhores que as respectivas soluções ótimas para o ALWABP serial. A regra MinRLB, quando combinada com a regra MinR, encontrou as melhores soluções em média.

Por fim, para a heurística PW, as melhores soluções encontradas para $K_{Max} = 2$

Tabela 54: Resultados da heurística P1 para a família Heskia mod 2

		$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$														
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTaskK			MinRLB		
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD	34.22%	100.00%	72.08	27.64%	100.00%	70.48	35.60%	100.00%	86.33	32.91%	80.00%	86.97	36.23%	62.50%	91.21	44.27%	27.50%	118.64	-	0.00%	-	27.93%	10.00%	84.75	15.91%	100.00%	80.4	
MinR	34.20%	100.00%	72.45	28.07%	100.00%	70.83	28.12%	100.00%	77.2	33.79%	87.50%	91.49	30.93%	70.00%	88.32	45.06%	17.50%	140.43	10.78%	2.50%	90	51.31%	7.50%	184.67	15.14%	100.00%	81.38	
MaxFTime	49.61%	100.00%	104.75	36.05%	100.00%	98.75	33.38%	92.50%	95.65	38.66%	70.00%	109.68	34.75%	62.50%	107	39.43%	20.00%	116.88	-	0.00%	-	44.97%	2.50%	75	21.93%	100.00%	101.5	
MaxFTime	49.75%	100.00%	102.88	36.79%	100.00%	92.2	33.69%	95.00%	96.29	34.77%	75.00%	102.7	35.05%	104.8	40.63%	20.00%	107.25	-	0.00%	-	44.97%	2.50%	78	21.28%	100.00%	99.33		
MaxPVS+	39.40%	100.00%	75.33	35.51%	100.00%	73.63	31.34%	100.00%	73.88	34.61%	100.00%	84.4	40.01%	97.50%	97.15	49.28%	85.00%	117.18	67.44%	52.50%	163.05	49.35%	77.50%	123.42	20.27%	100.00%	95.55	
MaxPVS-	42.22%	100.00%	75.8	30.22%	100.00%	75.38	37.51%	100.00%	77.93	38.14%	100.00%	84.68	40.33%	92.08	53.05%	92.50%	115.05	62.66%	60.00%	130.17	52.51%	87.50%	119.6	18.88%	100.00%	90.6		
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTaskK			MinRLB		
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD	41.82%	100.00%	122	36.19%	100.00%	119.33	35.90%	100.00%	120.48	30.97%	85.00%	130.68	29.82%	65.00%	133.88	31.50%	42.50%	138.35	27.30%	7.50%	135	27.95%	10.00%	140.25	16.08%	100.00%	123.6	
MinR	42.58%	100.00%	122.25	35.76%	100.00%	120.43	31.96%	100.00%	119.85	32.31%	87.50%	135.31	27.41%	72.50%	128.79	40.33%	32.50%	172.69	10.78%	2.50%	140	51.31%	7.50%	312	14.94%	100.00%	126.48	
MaxFTime	49.95%	100.00%	157.75	41.51%	100.00%	152.9	37.91%	97.50%	152.05	38.72%	72.50%	170.28	33.32%	62.50%	169.6	37.27%	25.00%	184.2	-	0.00%	-	44.97%	2.50%	125	21.71%	100.00%	154.55	
MaxFTime	48.77%	100.00%	151.38	41.58%	100.00%	145.53	37.85%	97.50%	152.77	34.02%	77.50%	153.81	35.21%	62.50%	167.68	39.51%	25.00%	171.3	-	0.00%	-	44.97%	2.50%	125	20.63%	100.00%	150.63	
MaxPVS+	47.39%	100.00%	120.65	42.97%	100.00%	116.83	39.66%	100.00%	117.25	40.71%	100.00%	125.53	41.27%	100.00%	134.78	46.17%	82.50%	160.88	56.29%	55.00%	219.86	49.35%	77.50%	193.52	19.75%	100.00%	144.48	
MaxPVS-	49.91%	100.00%	122.13	44.18%	100.00%	117.33	46.26%	100.00%	124	44.33%	100.00%	123.93	45.23%	100.00%	135.8	51.64%	92.50%	160.46	54.68%	65.00%	206.08	52.51%	87.50%	188.46	18.67%	100.00%	138.35	

Tabela 55: Resultados da heurística P2 para a família Heskia mod 2

		$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$														
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTaskK			MinRLB		
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD	43.26%	100.00%	80.78	23.13%	100.00%	65.18	26.78%	100.00%	74.1	34.79%	100.00%	88.53	41.84%	100.00%	100.85	46.45%	100.00%	107.28	63.17%	100.00%	134.08	46.44%	100.00%	107.73	10.74%	100.00%	70.08	
MinR	42.17%	100.00%	80.13	26.13%	100.00%	67.88	23.83%	100.00%	70.68	32.61%	100.00%	87.05	36.79%	100.00%	96.63	40.13%	100.00%	102.55	62.51%	100.00%	135.73	40.13%	100.00%	101.88	10.58%	100.00%	72.43	
MaxFTime	54.93%	100.00%	109.68	33.02%	100.00%	88.53	35.24%	100.00%	99.3	50.05%	100.00%	126.28	52.66%	100.00%	133.18	52.68%	100.00%	133.5	69.40%	100.00%	163.3	52.67%	100.00%	133.23	18.83%	100.00%	97.05	
MaxFTime	36.00%	100.00%	107.98	34.55%	100.00%	87.55	33.74%	100.00%	95.43	46.42%	100.00%	118.7	50.97%	100.00%	127.35	51.52%	100.00%	129.13	67.44%	100.00%	157.6	51.52%	100.00%	130.7	17.80%	100.00%	92.95	
MaxPVS+	48.70%	100.00%	84.03	32.38%	100.00%	70.83	30.73%	100.00%	72.45	32.51%	100.00%	79.45	37.42%	100.00%	91.83	38.75%	100.00%	95.33	60.41%	100.00%	139	38.31%	100.00%	95.1	18.13%	100.00%	91.38	
MaxPVS-	51.12%	100.00%	83.28	35.29%	100.00%	70.3	33.58%	100.00%	72.58	35.68%	100.00%	80.03	37.36%	100.00%	87.3	37.35%	100.00%	89.4	61.39%	100.00%	135.53	37.46%	100.00%	89.3	17.62%	100.00%	88.95	
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTaskK			MinRLB		
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD	71.57%	100.00%	163.2	37.38%	100.00%	120.78	33.68%	100.00%	125.8	38.20%	100.00%	143.1	42.30%	100.00%	156.45	44.16%	100.00%	164.05	59.64%	100.00%	205.23	45.92%	100.00%	172.5	11.28%	100.00%	112.93	
MinR	74.16%	100.00%	168.73	39.20%	100.00%	123.88	30.91%	100.00%	120.23	33.94%	100.00%	135	38.07%	100.00%	132.93	38.67%	100.00%	156.93	60.71%	100.00%	213.5	39.89%	100.00%	162.38	10.40%	100.00%	113.83	
MaxFTime	69.57%	100.00%	193.53	42.79%	100.00%	150.88	39.96%	100.00%	158.63	52.48%	100.00%	191.73	53.73%	100.00%	208.88	54.80%	100.00%	213.9	68.93%	100.00%	257.4	52.67%	100.00%	210.48	18.72%	100.00%	145.4	
MaxFTime	69.75%	100.00%	188.43	44.14%	100.00%	148.85	39.96%	100.00%	155.35	45.58%	100.00%	179.78	51.63%	100.00%	206.08	51.26%	100.00%	202.9	67.14%	100.00%	249.95	51.32%	100.00%	204.45	17.33%	100.00%	145.4	
MaxPVS+	78.12%	100.00%	160.25	44.36%	100.00%	119.48	40.76%	100.00%	116.75	39.52%	100.00%	121.58	38.96%	100.00%	130.08	40.66%	100.00%	138.18	58.60%	100.00%	212.38	38.02%	100.00%	149.75	17.76%	100.00%	140.08	
MaxPVS-	90.17%	100.00%	166.7	50.75%	100.00%	125.3	47.33%	100.00%	124.28	45.73%	100.00%	126.58	44.60%	100.00%	133.3	44.69%	100.00%	139.05	57.48%	100.00%	195.98	37.02%	100.00%	140.63	17.33%	100.00%	130.2	

Tabela 56: Resultados da heurística PS para a família Heskia mod 2

		$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$														
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB		
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
	MinD	20.62%	100.00%	97.68	14.14%	100.00%	97.83	14.14%	100.00%	97.85	14.14%	100.00%	97.4	14.14%	100.00%	97.73	14.14%	100.00%	97.88	14.14%	100.00%	99.85	13.38%	100.00%	97.23	7.13%	100.00%	104.23
	MinR	11.77%	100.00%	95.28	11.77%	100.00%	94.83	11.77%	100.00%	95.83	11.77%	100.00%	95.35	11.77%	100.00%	95.35	11.77%	100.00%	95.43	11.77%	100.00%	96.7	11.57%	100.00%	96.03	6.13%	100.00%	103.48
	MaxFTime	21.29%	100.00%	133.23	21.29%	100.00%	132.55	21.29%	100.00%	132.68	21.29%	100.00%	132.3	21.29%	100.00%	132.68	21.29%	100.00%	133.55	21.29%	100.00%	133.78	20.83%	100.00%	132.68	14.51%	100.00%	139.68
	MaxPWS-	18.43%	100.00%	129.08	20.77%	100.00%	128.4	20.77%	100.00%	129.55	20.77%	100.00%	129.23	20.77%	100.00%	128.6	20.77%	100.00%	129.33	20.77%	100.00%	130.45	20.19%	100.00%	128.33	14.14%	100.00%	135.93
	MaxPWS+	18.43%	100.00%	117.53	18.43%	100.00%	117.58	18.43%	100.00%	117.58	18.43%	100.00%	118.73	18.43%	100.00%	117.28	18.43%	100.00%	118.15	18.43%	100.00%	118.78	18.66%	100.00%	117.4	12.00%	100.00%	127.7
	MaxPWS-	18.93%	100.00%	115.7	18.93%	100.00%	115.25	18.93%	100.00%	115.7	18.93%	100.00%	116.78	18.93%	100.00%	115.9	18.93%	100.00%	116.2	18.93%	100.00%	118.15	18.32%	100.00%	114.73	12.85%	100.00%	126.45
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB		
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
	MinD	20.62%	100.00%	127.55	20.62%	100.00%	126.43	20.62%	100.00%	126.73	20.62%	100.00%	126.4	20.62%	100.00%	128.28	20.62%	100.00%	127.13	20.62%	100.00%	128.73	15.42%	100.00%	117.4	7.86%	100.00%	120.5
	MinR	19.58%	100.00%	128.28	19.58%	100.00%	128.63	19.58%	100.00%	129.13	19.58%	100.00%	129.38	19.58%	100.00%	129.18	19.58%	100.00%	128.65	19.58%	100.00%	129.5	14.21%	100.00%	119.68	6.74%	100.00%	121.28
	MaxFTime	30.05%	100.00%	175.1	30.05%	100.00%	174.35	30.05%	100.00%	175.13	30.05%	100.00%	176.23	30.05%	100.00%	174.53	30.05%	100.00%	177.9	30.05%	100.00%	175.53	22.56%	100.00%	159.93	17.43%	100.00%	168.18
	MaxPWS-	28.61%	100.00%	166.38	28.61%	100.00%	169.3	28.61%	100.00%	165.43	28.61%	100.00%	165.8	28.61%	100.00%	166.7	28.61%	100.00%	165.78	28.61%	100.00%	166.1	23.29%	100.00%	157.15	15.95%	100.00%	160.28
	MaxPWS+	25.60%	100.00%	147.4	25.60%	100.00%	144.7	25.60%	100.00%	147.63	25.60%	100.00%	147.98	25.60%	100.00%	145.83	25.60%	100.00%	148.13	25.60%	100.00%	148.6	20.53%	100.00%	142.28	13.04%	100.00%	147
	MaxPWS-	27.51%	100.00%	148.2	27.51%	100.00%	149.4	27.51%	100.00%	147.6	27.51%	100.00%	149.68	27.51%	100.00%	150.13	27.51%	100.00%	149.73	27.51%	100.00%	147.38	22.17%	100.00%	140.05	13.84%	100.00%	144.3

Tabela 57: Resultados da heurística PW para a família Heskia mod 2

		$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$														
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB		
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
	MinD	15.47%	100.00%	141.28	14.63%	100.00%	149.15	15.06%	100.00%	158.3	14.40%	100.00%	158.98	13.62%	100.00%	163.8	13.66%	100.00%	160.35	12.48%	100.00%	161.45	13.45%	100.00%	162.03	8.41%	100.00%	179.43
	MinR	15.34%	100.00%	142.7	12.59%	100.00%	145.83	11.86%	100.00%	149.4	11.24%	100.00%	153.8	11.33%	100.00%	156.73	11.39%	100.00%	158	10.41%	100.00%	150.93	11.39%	100.00%	160.3	6.44%	100.00%	176.28
	MaxFTime	24.90%	100.00%	196.13	21.55%	100.00%	202.43	20.21%	100.00%	207	19.42%	100.00%	210.5	20.43%	100.00%	218.88	20.43%	100.00%	220.68	20.16%	100.00%	222.23	20.36%	100.00%	219.6	16.32%	100.00%	248.83
	MaxFTime	23.74%	100.00%	192.73	19.40%	100.00%	193.38	20.17%	100.00%	207.08	19.19%	100.00%	207.43	19.29%	100.00%	213.65	18.83%	100.00%	212.88	19.33%	100.00%	220	18.65%	100.00%	213.33	15.32%	100.00%	244.38
	MaxPWS+	20.84%	100.00%	159.13	19.25%	100.00%	164.28	19.60%	100.00%	172.6	18.52%	100.00%	181.05	17.88%	100.00%	183.7	18.14%	100.00%	191.53	17.44%	100.00%	200.43	17.97%	100.00%	187.6	12.32%	100.00%	220.03
	MaxPWS-	22.27%	100.00%	160.33	19.09%	100.00%	157.93	18.69%	100.00%	165.68	17.52%	100.00%	168.9	17.82%	100.00%	177.38	17.48%	100.00%	180.2	16.72%	100.00%	193.05	17.20%	100.00%	180.1	12.81%	100.00%	216.38
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB		
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
	MinD	29.74%	100.00%	280.05	23.03%	100.00%	271.85	17.66%	100.00%	267.88	14.94%	100.00%	267.18	14.04%	100.00%	270.6	13.72%	100.00%	273.05	11.98%	100.00%	273.45	13.49%	100.00%	275.63	8.39%	100.00%	300.6
	MinR	27.93%	100.00%	287.5	20.87%	100.00%	283.23	16.24%	100.00%	258.93	13.29%	100.00%	258.13	12.24%	100.00%	265.68	11.72%	100.00%	266.73	10.09%	100.00%	270.25	11.32%	100.00%	271.2	6.40%	100.00%	294.48
	MaxFTime	38.04%	100.00%	385.65	30.53%	100.00%	362.75	25.32%	100.00%	361.88	21.80%	100.00%	361.15	20.62%	100.00%	363.03	20.74%	100.00%	368.9	19.85%	100.00%	375.2	20.19%	100.00%	379.53	16.17%	100.00%	413.43
	MaxFTime	37.69%	100.00%	378.28	30.50%	100.00%	355.18	25.13%	100.00%	351.78	20.57%	100.00%	349	19.31%	100.00%	333.03	19.11%	100.00%	338.03	18.85%	100.00%	366.18	18.70%	100.00%	361.48	15.20%	100.00%	404.45
	MaxPWS+	32.42%	100.00%	288.23	29.44%	100.00%	282.4	26.60%	100.00%	275.78	23.40%	100.00%	275.78	21.80%	100.00%	282.3	21.04%	100.00%	291.43	17.75%	100.00%	324.93	18.44%	100.00%	316.73	12.32%	100.00%	363.75
	MaxPWS-	36.30%	100.00%	295.95	33.26%	100.00%	289.88	28.65%	100.00%	277.65	25.25%	100.00%	276.95	23.35%	100.00%	280.8	22.29%	100.00%	287.35	17.89%	100.00%	315.8	18.30%	100.00%	302.6	12.81%	100.00%	358.08

estavam, em média, a 4,05% das soluções ótimas para o problema serial e, para $K_{Max} = 3$, a 4,29%. Esta heurística foi capaz de encontrar, em sete instâncias, soluções cujos tempos de execução são menores do que as soluções ótimas das respectivas instâncias para o ALWABP serial. A combinação das regras MinRLB e MinR apresentou as melhores soluções, em média.

Desta forma, a heurística PW foi capaz de encontrar as melhores soluções, em média, para as quatro famílias de instâncias originais. De fato, para a família Tonge, esta heurística encontrou soluções melhores que aquelas encontradas pela heurística para o ALWABP com estações em paralelo. Entre as regras de prioridade utilizadas, a regra MinR obteve as melhores soluções, em média, nas quatro famílias. Para as famílias Heskia e Roszieg, a regra MinRLB obteve as melhores soluções em média, enquanto que para as famílias Tonge e Wee-mag, as melhores soluções foram encontradas pelas regras MinRLB, MaxTasksK e MaxTasks2.

Para as instâncias modificadas, a regra MinRLB também obteve as melhores soluções em média, especialmente quando combinada com as regras MaxPWS- e MaxPWS+, para as famílias Roszieg mod 1 e 2, e com a regra MinR, para as famílias Heskia mod 1 e 2. A heurística PW apresentou os melhores resultados. A heurística P1 foi incapaz de resolver diversas instâncias da maioria das famílias. Os testes mostraram também que as heurísticas encontram dificuldades para encontrar soluções com o aumento do valor de K_{Max} . Na maioria dos casos, as soluções encontradas utilizando $K_{Max} = 3$ possuem tempo de ciclo maior ou igual às encontradas utilizando $K_{Max} = 2$.

A.2 Heurística para o ALWABP colaborativo

As tabelas 58, 59, 60 e 61 apresentam, respectivamente, os resultados obtidos pela heurística para as famílias Roszieg, Heskia, Tonge e Wee-mag. Além disso, as tabelas 62, 63, 64 e 65 apresentam os resultados obtidos para as famílias Roszieg mod 1, Roszieg mod 2, Heskia mod 1 e Heskia mod 2, respectivamente. Em cada tabela, apresentamos os resultados obtidos por cada regra de prioridade para as tarefas (em cada linha) quando combinadas com as regras de seleção de trabalhador (em cada coluna). Para cada combinação de regras, apresentamos a distância média entre as soluções encontradas pela heurística e as melhores soluções conhecidas para o ALWABP serial (coluna $C\%$), bem como o tempo médio de execução da heurística em milissegundos (coluna T).

Para a família Roszieg, as melhores soluções encontradas estavam, em média, a 2,17%

Tabela 58: Resultados da heurística para o ALWABP colaborativo para a família Rosznieg

	$K_{Max}=2$																	
	MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB	
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T
MinD	35,67%	6	24,08%	5	15,74%	5	11,03%	5	9,09%	5	10,03%	5	10,09%	5	9,78%	5	4,83%	7
MinR	39,44%	6	28,46%	5	15,30%	5	8,84%	5	9,84%	5	8,65%	5	8,97%	5	8,46%	5	5,02%	6
MaxIFTime	39,87%	7	30,85%	6	19,37%	6	13,67%	6	14,61%	6	13,92%	6	14,11%	6	13,86%	6	5,27%	7
MaxFTime	40,00%	6	30,53%	6	19,25%	6	14,73%	5	16,36%	6	15,86%	6	15,99%	6	15,11%	6	5,64%	7
MaxPWS+	38,68%	7	27,21%	5	16,68%	5	13,17%	5	14,42%	5	12,54%	5	14,11%	5	12,66%	5	4,64%	6
MaxPWS-	35,49%	5	25,14%	5	16,11%	5	12,79%	5	11,54%	5	12,73%	5	14,23%	5	12,66%	5	5,14%	6
	$K_{Max}=3$																	
	MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB	
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T
MinD	53,35%	11	45,08%	10	30,16%	8	20,50%	8	15,36%	8	13,10%	8	10,41%	8	9,78%	8	4,83%	11
MinR	54,48%	11	46,77%	10	32,48%	9	20,38%	8	13,42%	8	11,60%	8	9,28%	8	8,46%	8	5,02%	10
MaxIFTime	53,61%	12	47,46%	11	32,10%	10	22,13%	9	17,68%	9	16,05%	9	14,48%	10	13,86%	9	5,27%	11
MaxFTime	52,60%	11	48,34%	11	32,92%	9	22,45%	9	22,51%	9	18,24%	9	16,11%	9	15,11%	9	5,64%	11
MaxPWS+	49,78%	10	44,89%	9	28,84%	8	20,50%	7	15,86%	7	15,42%	8	14,17%	8	12,66%	8	4,64%	10
MaxPWS-	48,09%	9	44,08%	9	29,03%	8	18,56%	7	14,48%	7	11,91%	7	14,36%	8	12,66%	8	5,14%	10

Tabela 59: Resultados da heurística para o ALWABP colaborativo para a família Heskia

		$K_{Max}=2$															
	MaxTasks1	MaxTasks1.2	MaxTasks1.4	MaxTasks1.6	MaxTasks1.8	MaxTasks2	MaxTasks3	MaxTasksK	MinRLB								
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%
MinD	50,53%	48	32,85%	37	21,85%	35	20,14%	35	19,54%	34	18,39%	34	18,93%	34	19,00%	36	10,73%
MinR	49,11%	47	34,08%	39	22,90%	36	18,45%	32	18,25%	33	16,99%	34	17,58%	34	16,82%	34	8,84%
MaxIFTime	60,44%	67	45,09%	57	33,93%	52	29,96%	52	28,95%	50	28,71%	50	28,70%	52	28,70%	52	20,10%
MaxFTime	59,61%	65	45,01%	53	32,80%	50	29,77%	48	28,95%	50	28,69%	50	28,41%	50	28,41%	50	16,96%
MaxPWS+	43,59%	42	33,25%	38	27,57%	34	25,26%	37	25,50%	36	24,44%	39	24,13%	37	24,34%	37	16,40%
MaxPWS-	42,47%	41	33,90%	37	27,36%	35	25,00%	35	24,65%	36	24,13%	36	24,27%	38	24,39%	38	16,72%
		$K_{Max}=3$															
	MaxTasks1	MaxTasks1.2	MaxTasks1.4	MaxTasks1.6	MaxTasks1.8	MaxTasks2	MaxTasks3	MaxTasksK	MinRLB								
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%
MinD	60,96%	98	48,94%	88	29,96%	73	23,53%	67	20,74%	65	18,73%	65	18,99%	66	19,00%	66	10,73%
MinR	69,49%	108	56,68%	97	34,31%	77	22,05%	65	19,49%	64	17,67%	64	17,58%	64	16,82%	63	8,84%
MaxIFTime	84,27%	150	68,10%	134	44,03%	108	32,26%	95	30,58%	99	29,54%	97	28,75%	98	28,70%	98	20,10%
MaxFTime	84,38%	144	68,13%	130	45,91%	105	32,43%	93	29,98%	95	29,45%	96	28,40%	94	28,41%	94	17,02%
MaxPWS+	56,09%	82	42,50%	74	33,35%	67	30,26%	66	27,41%	66	24,86%	66	24,20%	69	24,34%	69	16,40%
MaxPWS-	52,75%	80	42,12%	75	32,64%	66	29,27%	65	25,54%	63	24,27%	64	24,27%	68	24,39%	68	16,72%

Tabela 60: Resultados da heurística para o ALWABP colaborativo para a família Tonge

	$K_{Max}=2$																	
	MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB	
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T
MinD	74.61%	961	67.95%	921	49.76%	837	43.37%	869	38.35%	881	37.08%	908	35.23%	935	36.19%	924	35.40%	1497
MinR	73.61%	933	66.30%	891	49.70%	814	41.41%	833	36.10%	842	32.74%	845	31.82%	883	32.19%	863	31.93%	1447
MaxIFTime	76.81%	989	69.40%	942	53.30%	869	45.15%	903	41.03%	913	38.59%	935	37.22%	951	36.95%	939	35.05%	1510
MaxFTime	74.53%	1080	67.62%	1031	51.56%	962	42.96%	980	40.26%	1022	37.61%	1033	35.85%	1049	36.53%	1038	34.36%	1646
MaxPWS+	81.03%	805	70.20%	758	55.52%	718	47.26%	727	43.30%	740	38.67%	750	37.86%	787	37.99%	770	37.59%	1385
MaxPWS-	85.29%	808	75.74%	765	63.93%	750	52.99%	734	49.07%	760	45.83%	785	44.13%	824	45.01%	805	45.93%	1549
	$K_{Max}=3$																	
	MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB	
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T
MinD	103.24%	4784	99.82%	4708	88.20%	4270	75.46%	4086	64.24%	4077	53.59%	4193	38.82%	4277	36.68%	4099	35.34%	6642
MinR	103.03%	4557	99.93%	4474	91.91%	4184	81.45%	4047	67.73%	3945	53.26%	3978	36.52%	4068	32.40%	3822	31.88%	6395
MaxIFTime	108.94%	4757	105.78%	4674	93.38%	4365	81.27%	4192	66.40%	4107	53.26%	4171	39.32%	4150	37.41%	4035	35.07%	6624
MaxFTime	107.55%	5253	104.27%	5154	95.08%	4879	79.02%	4609	64.04%	4524	54.64%	4598	39.93%	4645	36.91%	4444	34.39%	7187
MaxPWS+	105.97%	3431	101.43%	3361	93.30%	3255	82.85%	3177	69.94%	3122	58.43%	3119	39.50%	3246	38.01%	3185	37.80%	5982
MaxPWS-	114.54%	3501	105.50%	3306	97.49%	3202	89.01%	3211	77.10%	3075	64.02%	3153	46.82%	3319	45.11%	3335	45.74%	6764

Tabela 61: Resultados da heurística para o ALWABP colaborativo para a família Wee-mag

		$K_{Max}=2$																	
		MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTaskK		MinRLB	
		C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T
	MinD	87.98%	635	77.48%	602	53.76%	580	39.86%	551	38.94%	577	37.11%	575	36.33%	575	36.47%	574	37.11%	819
	MinR	90.50%	641	81.15%	611	58.03%	575	42.43%	557	36.88%	561	35.05%	564	35.73%	579	35.37%	574	40.55%	866
	MaxLFTime	111.47%	633	93.49%	586	72.80%	552	57.29%	541	52.16%	551	49.45%	566	49.04%	575	48.44%	568	51.88%	882
	MaxFTime	112.48%	785	90.83%	706	69.86%	666	58.30%	662	52.34%	688	48.90%	697	48.76%	710	48.99%	712	48.07%	970
	MaxPWS+	209.17%	1047	177.11%	952	148.67%	929	127.89%	886	119.40%	891	116.33%	900	116.88%	917	116.65%	916	122.84%	1474
	MaxPWS-	250.73%	1259	222.66%	1192	182.11%	1072	163.94%	1094	157.71%	1115	154.27%	1152	153.94%	1165	153.85%	1162	164.36%	1930
		$K_{Max}=3$																	
		MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTaskK		MinRLB	
		C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T
	MinD	127.25%	3517	122.11%	3445	103.72%	3231	79.95%	3211	59.45%	3051	46.15%	2880	36.19%	2747	36.47%	2784	36.51%	4025
	MinR	128.49%	3474	124.63%	3385	114.27%	3283	91.15%	3173	64.72%	3071	45.60%	2824	36.15%	2858	35.37%	2823	40.05%	4318
	MaxLFTime	159.59%	3167	147.06%	3025	127.52%	2764	103.76%	2714	81.56%	2656	64.68%	2583	49.27%	2563	48.44%	2547	51.93%	4184
	MaxFTime	162.25%	3883	148.44%	3693	123.49%	3356	98.72%	3196	79.91%	3216	64.63%	3170	49.04%	3143	48.99%	3158	48.07%	4458
	MaxPWS+	271.06%	5055	258.49%	4946	219.27%	4417	182.16%	4212	152.25%	3901	131.19%	3895	117.39%	3997	116.65%	3979	121.65%	6911
	MaxPWS-	314.13%	5330	295.18%	5546	263.12%	5447	233.26%	5303	195.18%	4905	170.64%	4888	153.85%	5151	153.85%	5169	163.39%	9291

Tabela 62: Resultados da heurística para o ALWABP colaborativo para a família Roszieg mod 1

$K_{Max}=2$																		
	MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB	
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T
MinD	26,89%	5	13,45%	5	5,62%	5	8,48%	5	8,80%	7	10,43%	4	16,30%	7	11,17%	4	-3,67%	4
MinR	25,51%	6	12,31%	3	6,68%	7	7,58%	5	8,31%	3	8,07%	6	15,81%	5	8,64%	6	-3,99%	7
MaxFTime	24,69%	7	16,54%	6	11,00%	5	9,29%	7	14,43%	6	16,38%	7	19,64%	8	16,71%	6	-0,90%	6
MaxFTime	26,16%	5	13,77%	5	9,54%	5	7,66%	4	12,55%	7	11,74%	7	16,79%	6	12,47%	7	-1,55%	6
MaxPWS+	21,43%	4	13,04%	4	7,25%	5	6,11%	6	9,54%	4	9,54%	5	14,34%	7	9,86%	5	-1,79%	6
MaxPWS-	20,86%	4	11,90%	6	6,60%	2	4,81%	5	4,40%	5	8,31%	7	12,88%	5	8,64%	4	-1,79%	6

$K_{Max}=3$																		
	MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB	
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T
MinD	34,47%	9	24,45%	6	8,15%	7	7,33%	5	8,15%	8	12,14%	7	16,30%	8	11,17%	9	-3,75%	6
MinR	35,45%	9	20,78%	7	9,13%	7	7,91%	5	8,56%	7	9,54%	8	15,81%	9	8,64%	9	-4,07%	8
MaxFTime	35,45%	12	26,49%	8	17,77%	10	12,80%	7	12,71%	7	18,42%	11	19,64%	10	16,71%	9	-0,98%	10
MaxFTime	34,47%	10	23,96%	7	15,16%	8	11,08%	7	11,49%	8	13,77%	10	16,79%	9	12,47%	5	-1,63%	8
MaxPWS+	30,56%	8	18,74%	8	12,22%	7	9,05%	6	9,21%	7	10,43%	9	14,34%	7	9,86%	6	-1,87%	7
MaxPWS-	29,83%	10	17,52%	6	11,57%	5	7,25%	7	8,07%	6	8,88%	8	12,88%	8	8,64%	6	-1,87%	7

Tabela 63: Resultados da heurística para o ALWABP colaborativo para a família Roszieg mod 2

$K_{Max}=2$																		
	MaxTasks1	MaxTasks1.2	MaxTasks1.4	MaxTasks1.6	MaxTasks1.8	MaxTasks2	MaxTasks3	MaxTasksK	MinRLB									
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T								
MinD	33,93%	6	26,43%	7	21,05%	7	16,69%	6	13,89%	9	13,44%	7	13,77%	7	13,10%	6	12,88%	6
MinR	38,75%	9	29,56%	5	22,06%	7	15,23%	6	12,54%	6	12,21%	6	12,99%	7	11,65%	7	12,88%	9
MaxLFTime	47,59%	9	30,12%	9	23,18%	5	18,14%	10	14,33%	5	14,45%	6	14,67%	7	14,00%	9	12,99%	11
MaxFTime	46,14%	7	31,24%	8	24,75%	7	19,71%	6	17,25%	8	16,80%	7	15,90%	7	16,01%	8	12,43%	7
MaxPWS+	40,31%	6	28,00%	7	21,16%	5	16,46%	5	14,89%	9	14,22%	3	13,77%	7	13,66%	10	11,87%	6
MaxPWS-	38,86%	5	25,98%	7	21,72%	6	17,13%	7	14,78%	5	14,11%	5	12,43%	7	12,65%	7	11,31%	7
$K_{Max}=3$																		
	MaxTasks1	MaxTasks1.2	MaxTasks1.4	MaxTasks1.6	MaxTasks1.8	MaxTasks2	MaxTasks3	MaxTasksK	MinRLB									
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T								
MinD	58,57%	13	48,26%	13	35,61%	10	25,20%	10	21,50%	11	15,01%	10	13,55%	8	13,10%	12	12,88%	15
MinR	60,69%	14	50,62%	11	40,87%	14	26,20%	10	21,05%	11	14,78%	10	12,21%	11	11,65%	8	12,77%	15
MaxLFTime	63,05%	16	52,86%	13	39,31%	14	27,32%	10	23,07%	13	17,47%	11	14,45%	12	14,00%	12	12,99%	17
MaxFTime	59,69%	16	54,87%	13	39,42%	11	28,67%	12	26,32%	12	20,38%	11	15,90%	10	16,01%	11	12,43%	14
MaxPWS+	53,64%	10	46,81%	13	32,81%	9	24,30%	8	19,71%	10	15,34%	10	13,77%	11	13,66%	10	11,76%	15
MaxPWS-	51,29%	11	44,57%	10	31,47%	10	23,74%	10	20,49%	10	15,23%	9	12,43%	11	12,65%	7	11,31%	13

Tabela 64: Resultados da heurística para o ALWABP colaborativo para a família Heskia mod 1

		$K_{Max}=2$																
	MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB	
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T
MinD	39,20%	47	24,19%	37	25,28%	33	24,50%	34	24,01%	32	24,13%	33	24,22%	32	24,14%	33	8,62%	31
MinR	51,33%	51	23,08%	36	14,34%	31	13,09%	31	13,00%	29	13,22%	31	13,40%	32	13,24%	31	8,05%	31
MaxIFTime	52,96%	70	40,39%	63	32,21%	58	43,22%	61	42,93%	63	42,81%	63	42,52%	64	42,67%	62	16,55%	48
MaxFTime	54,48%	67	40,54%	58	30,58%	54	38,69%	55	36,44%	52	36,42%	53	36,12%	53	36,42%	53	15,63%	47
MaxPWS+	27,98%	38	21,11%	32	18,97%	33	17,58%	33	17,06%	32	16,94%	34	16,72%	33	16,94%	31	11,46%	33
MaxPWS-	27,40%	34	21,02%	34	18,27%	30	17,63%	34	17,42%	30	17,07%	32	16,96%	32	17,07%	33	11,98%	33
		$K_{Max}=3$																
	MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB	
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T
MinD	47,74%	73	32,58%	60	18,78%	46	28,34%	51	27,95%	50	24,20%	46	24,22%	47	24,14%	45	8,62%	41
MinR	56,50%	84	32,88%	59	19,35%	49	13,40%	42	13,47%	41	13,24%	43	13,40%	44	13,24%	43	8,05%	45
MaxIFTime	67,76%	123	50,31%	101	35,60%	85	43,34%	87	42,93%	88	42,81%	87	42,52%	88	42,67%	87	16,55%	67
MaxFTime	71,14%	116	49,67%	94	33,84%	79	40,90%	81	36,54%	77	36,42%	75	36,12%	75	36,42%	76	15,63%	61
MaxPWS+	29,67%	48	22,20%	47	19,57%	42	17,81%	44	17,13%	44	16,94%	44	16,72%	44	16,94%	44	11,46%	44
MaxPWS-	28,38%	46	22,72%	44	18,33%	43	17,63%	42	17,42%	42	17,07%	43	16,96%	44	17,07%	43	11,98%	45

Tabela 65: Resultados da heurística para o ALWABP colaborativo para a família Heskia mod 2

$K_{Max}=2$																		
	MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB	
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T
MinD	48,04%	71	33,33%	62	23,26%	56	21,35%	56	20,97%	56	20,13%	56	20,08%	57	20,13%	56	13,05%	61
MinR	47,82%	71	33,70%	60	24,11%	57	19,97%	56	19,71%	56	19,19%	56	18,93%	57	18,78%	56	11,84%	63
MaxFTtime	61,40%	104	47,02%	92	36,75%	87	33,59%	87	32,27%	85	31,90%	87	31,90%	86	31,90%	85	23,98%	92
MaxFTtime	60,05%	99	45,21%	86	34,25%	80	32,57%	81	31,53%	81	31,53%	80	31,53%	83	31,53%	82	21,34%	86
MaxPWS+	46,26%	68	35,75%	60	28,94%	59	26,09%	59	25,52%	60	24,85%	61	24,85%	61	24,85%	62	15,88%	68
MaxPWS-	42,86%	63	33,22%	58	27,44%	56	25,80%	56	25,93%	58	25,43%	59	25,31%	60	25,39%	60	16,32%	68
$K_{Max}=3$																		
	MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB	
	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T	C%	T
MinD	58,99%	139	40,51%	112	25,76%	96	22,58%	94	21,58%	95	20,13%	92	20,08%	94	20,13%	92	13,05%	99
MinR	71,28%	159	51,89%	129	29,94%	101	21,74%	96	19,91%	93	19,25%	96	18,93%	98	18,78%	97	11,84%	105
MaxFTTime	80,35%	211	68,08%	194	43,50%	154	35,09%	150	32,88%	145	32,88%	148	31,90%	148	31,90%	144	23,98%	151
MaxFTTime	80,37%	207	67,95%	184	45,52%	152	33,97%	140	31,57%	139	31,57%	140	31,53%	140	31,53%	140	21,34%	139
MaxPWS+	57,55%	121	40,40%	100	32,49%	94	28,65%	96	26,59%	95	24,85%	98	24,85%	99	24,85%	98	15,88%	107
MaxPWS-	51,18%	108	36,68%	91	30,74%	90	27,89%	88	26,57%	89	25,46%	92	25,31%	96	25,39%	95	16,32%	105

das soluções ótimas do ALWABP serial utilizando $K_{Max} = 2$ e a 2,40% utilizando $K_{Max} = 3$. Em seis instâncias desta família, a heurística encontrou soluções melhores que as soluções ótimas do problema serial, sendo que em uma destas instâncias esta melhoria chegou a 43%. A combinação das regras MinRLB e MaxPWS- obteve as melhores soluções em média para esta família.

As melhores soluções encontradas para a família Heskia estavam, em média, a 5,83% das soluções ótimas para o ALWABP serial. A regra MinRLB, quando combinada com a regra MinR, apresentou as melhores soluções, em média.

Para família Tonge, as melhores soluções encontradas estavam, em média, a 22,05% das melhores soluções conhecidas para o problema serial, utilizando $K_{Max} = 2$, e a 23,19%, utilizando $K_{Max} = 3$. A regra MinR encontrou as soluções com os menores tempos de ciclo em média, especialmente quando combinada com as regras MaxTasks3, para $K_{Max} = 2$, e MinRLB, para $K_{Max} = 3$.

Para a família Wee-mag, as diferença entre as melhores soluções encontradas pela heurística e as melhores soluções conhecidas, em média, era de 26,77% para $K_{Max} = 2$ e 27,46% para $K_{Max} = 3$. As melhores soluções em média foram encontradas pela regra MinR, combinada com as regras MaxTasks2 para $K_{Max} = 2$ e MaxTasksK para $K_{Max} = 3$.

Para a família Roszieg mod 1, as melhores soluções encontradas eram, em média, 3,09% melhores que aquelas encontradas pelo ALWABP serial para $K_{Max} = 2$ e 3,12% para $K_{Max} = 3$. Seis instâncias desta família apresentaram soluções melhores que as respectivas soluções ótimas para o problema serial. Duas destas soluções representaram uma redução de 50% no tempo de ciclo, a maior melhoria encontrada pela heurística. A combinação das regras MinRLB e MinR retornou as melhores soluções em média.

As melhores soluções encontradas para a família Roszieg mod 2 estavam, em média, a 4,19% das soluções ótimas para $K_{Max} = 2$ e a 4,55% para $K_{Max} = 3$. As melhores soluções em média foram encontradas pela combinação das regras MinRLB e MaxPWS+.

Para a família Heskia mod 1, as melhores soluções encontradas estavam, em média, a 4,55% das soluções ótimas do ALWABP serial, tanto para $K_{Max} = 2$ quanto para $K_{Max} = 3$. As melhores soluções em média foram encontradas pela combinação das regras MinRLB e MinR.

Por fim, para a família Heskia mod 2, as melhores soluções encontradas estavam a 7,77% das soluções ótimas do ALWABP serial para ambos os valores de K_{Max} . A regra MinRLB, quando combinada com a regra MinR, encontrou as melhores soluções em média.

Para as famílias Heskia e Roszieg, bem como para as quatro famílias de instâncias modificadas, a regra MinRLB encontrou as melhores soluções em média, especialmente quando combinada com as regras MinR, MaxPWS- e MaxPWS+. Para as famílias Tonge e Wee-mag, a regra MinR, quando combinada com as regras MaxTasks2, MaxTasks3, MaxTasksK e MinRLB encontrou as melhores soluções em média.

A.2.1 Testes com as heurísticas modificadas

As heurísticas C1, C2, CS e CW foram testadas utilizando as instâncias das famílias Roszieg, Heskia, Tonge, Wee-mag, Roszieg mod 1 e 2 e Heskia mod 1 e 2. As tabelas a seguir apresentam de forma resumida os resultados obtidos pelas heurísticas para estas famílias.

As tabelas 66, 67, 68 e 69 apresentam os resultados para a família Roszieg obtidos pelas heurísticas C1, C2, CS e CW, respectivamente.

Assim como no caso em que forçamos paralelismo, forçar mais de um trabalhador em algum estágio para o ALWABP colaborativo pode resultar uma redução na qualidade da solução. Para a heurística C1, as melhores soluções encontradas para a família Roszieg estavam a 12,94% das soluções ótimas do ALWABP serial, para $K_{Max} = 2$, e a 13,8% para $K_{Max} = 3$. Esta heurística conseguiu encontrar cinco soluções melhores que as soluções ótimas das respectivas instâncias para o ALWABP serial. A combinação das regras MinRLB e MaxPWS- encontrou as melhores soluções em média.

Para a heurística C2, as melhores soluções encontradas estavam a 12,83% das soluções ótimas do problema serial, para $K_{Max} = 2$, e a 14,01%, para $K_{Max} = 3$. Cinco instâncias apresentaram soluções com tempo de ciclo menor do que os tempos de ciclo das soluções ótimas das respectivas instâncias para o problema serial. A regra MinRLB, quando combinada com a regra MinR, encontrou as melhores soluções em média.

As melhores soluções encontradas pela heurística CS estavam, em média, a 11,02% das soluções ótimas para o ALWABP serial, utilizando $K_{Max} = 2$, e a 12,29%, utilizando $K_{Max} = 3$. Esta heurística também conseguiu encontrar soluções melhores que as soluções ótimas para o problema serial em cinco instâncias. Os melhores resultados, em média, foram encontrados pela combinação das regras MinRLB e MinD.

Para a heurística CW, as melhores soluções encontradas utilizando $K_{Max} = 2$ estavam, em média, a 6,98% das soluções ótimas para o problema serial e a 7,29% para $K_{Max} = 3$. Em cinco instâncias, as melhores soluções encontradas pela heurística foram melhores que

Tabela 66: Resultados da heurística C1 para a família Roszieg

	$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$														
	MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB		
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD	36.68%	100.00%	5.63	26.02%	100.00%	5.05	23.70%	100.00%	5.38	26.10%	98.75%	6.1	28.99%	88.75%	6.18	30.69%	77.50%	7.29	55.81%	32.50%	2.93	56.05%	57.50%	5.99	16.61%	100.00%	8.01
MinR	39.44%	100.00%	5.88	30.78%	100.00%	5.4	24.64%	100.00%	5.54	23.88%	98.75%	5.96	33.17%	93.75%	6.78	52.85%	80.00%	7.76	59.83%	32.50%	3.11	61.11%	65.00%	7.28	17.55%	100.00%	8.03
MaxFTime	39.94%	100.00%	6.35	32.35%	100.00%	6.24	26.39%	100.00%	6.25	23.65%	98.75%	6.5	31.47%	92.50%	7.16	48.27%	85.00%	9.06	59.27%	32.50%	3.53	54.67%	65.00%	7.64	18.12%	100.00%	8.86
MaxFTime	40.00%	100.00%	6.35	32.41%	100.00%	5.94	27.21%	100.00%	6.01	27.02%	98.75%	6.53	36.48%	91.25%	7.3	48.58%	85.00%	8.58	60.41%	33.75%	3.49	60.94%	65.00%	8.04	19.06%	100.00%	8.78
MaxPWS+	38.68%	100.00%	5.56	28.40%	100.00%	4.96	22.01%	100.00%	4.96	24.97%	97.50%	5.56	36.53%	95.00%	6.61	46.66%	87.50%	7.43	62.13%	31.25%	2.89	63.44%	68.75%	7.73	16.55%	100.00%	7.59
MaxPWS-	35.49%	100.00%	5.41	26.02%	100.00%	4.84	21.44%	100.00%	5.03	23.35%	97.50%	5.5	31.53%	96.25%	6.58	46.66%	87.50%	7.43	62.13%	31.25%	2.89	66.54%	67.50%	7.83	17.30%	100.00%	7.75
	$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$														
	MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB		
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD	54.92%	100.00%	11.01	46.58%	100.00%	9.94	39.18%	100.00%	9.59	36.87%	100.00%	10.08	39.60%	97.50%	11.28	50.55%	85.00%	11.61	55.60%	33.75%	4.86	56.05%	57.50%	10.25	16.61%	100.00%	12.9
MinR	54.48%	100.00%	10.85	48.78%	100.00%	10.11	41.00%	100.00%	9.7	35.61%	100.00%	9.96	37.63%	98.75%	11.25	49.67%	88.75%	12.38	59.80%	33.75%	5.19	61.11%	65.00%	12.29	17.55%	100.00%	13.05
MaxFTime	53.61%	100.00%	11.6	48.71%	100.00%	11.14	41.76%	100.00%	10.84	34.03%	98.75%	10.71	36.09%	97.50%	11.91	50.51%	91.25%	14.65	58.56%	36.25%	6.2	54.67%	65.00%	13	18.12%	100.00%	14.21
MaxFTime	52.60%	100.00%	11.24	49.22%	100.00%	10.75	42.88%	100.00%	10.54	38.00%	98.75%	10.68	41.36%	95.00%	11.26	50.84%	91.25%	14.14	58.33%	37.50%	6.06	60.94%	65.00%	13.94	19.00%	100.00%	14.15
MaxPWS+	49.78%	100.00%	9.74	44.89%	100.00%	9.26	35.99%	100.00%	8.66	34.04%	100.00%	9.18	36.45%	97.50%	10.38	47.50%	91.25%	11.94	66.03%	37.50%	6.14	63.44%	68.75%	13.04	16.55%	100.00%	12.31
MaxPWS-	48.09%	100.00%	9.4	44.08%	100.00%	9.15	35.24%	100.00%	8.68	33.61%	100.00%	9.18	35.21%	97.50%	10.14	47.50%	91.25%	11.94	66.03%	37.50%	6.14	66.54%	67.50%	13.39	17.30%	100.00%	12.58

Tabela 67: Resultados da heurística C2 para a família Roszieg

	$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$												$K_{Max}=3$											
	MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB											
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T									
MinD	47.08%	100.00%	6.43	24.45%	100.00%	5.01	19.87%	100.00%	5.05	21.82%	100.00%	5.8	36.55%	100.00%	7.39	45.64%	100.00%	8.39	85.71%	100.00%	13	45.83%	100.00%	8.45	16.11%	100.00%	7.68									
MinR	48.03%	100.00%	6.38	29.72%	100.00%	5.4	22.63%	100.00%	5.29	22.45%	100.00%	5.85	33.42%	100.00%	7.1	42.19%	100.00%	8.05	82.57%	100.00%	12.63	42.38%	100.00%	8.06	16.87%	100.00%	7.74									
MaxFTime	50.22%	100.00%	7.39	28.71%	100.00%	5.89	25.02%	100.00%	6.05	24.95%	100.00%	6.68	39.06%	100.00%	8.55	44.20%	100.00%	9.28	83.07%	100.00%	14.51	44.39%	100.00%	9.39	18.24%	100.00%	8.85									
MaxFTime	51.46%	100.00%	7.2	29.47%	100.00%	5.73	24.83%	100.00%	5.74	25.71%	100.00%	6.55	41.38%	100.00%	8.54	47.46%	100.00%	9.21	80.38%	100.00%	13.66	47.52%	100.00%	9.33	17.74%	100.00%	8.44									
MaxPWS+	47.59%	100.00%	6.14	27.34%	100.00%	4.89	22.51%	100.00%	4.99	22.57%	100.00%	5.44	36.36%	100.00%	6.99	42.13%	100.00%	7.69	83.51%	100.00%	12.36	42.26%	100.00%	7.65	16.24%	100.00%	7.53									
MaxPWS-	45.77%	100.00%	5.93	26.83%	100.00%	4.89	21.88%	100.00%	4.96	23.57%	100.00%	5.51	32.10%	100.00%	6.65	42.13%	100.00%	7.69	83.51%	100.00%	12.36	41.44%	100.00%	7.5	16.87%	100.00%	7.65									
	$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$												$K_{Max}=3$											
	MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB											
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T									
MinD	67.65%	100.00%	13.26	54.67%	100.00%	10.73	45.83%	100.00%	10.18	39.50%	100.00%	10.29	44.14%	100.00%	11.71	54.80%	100.00%	13.46	85.96%	100.00%	20.31	46.52%	100.00%	13.64	16.11%	100.00%	12.6									
MinR	68.03%	100.00%	13.18	55.55%	100.00%	10.83	47.90%	100.00%	10.28	40.50%	100.00%	10.28	43.51%	100.00%	11.75	49.40%	100.00%	12.73	81.07%	100.00%	19.45	42.70%	100.00%	12.95	16.87%	100.00%	12.68									
MaxFTime	69.78%	100.00%	14.51	56.18%	100.00%	11.89	50.22%	100.00%	11.64	43.70%	100.00%	12.04	46.83%	100.00%	13.46	53.54%	100.00%	14.98	82.51%	100.00%	22.39	44.45%	100.00%	14.63	18.24%	100.00%	14.09									
MaxFTime	69.50%	100.00%	14.01	55.74%	100.00%	11.38	47.21%	100.00%	10.83	44.14%	100.00%	11.4	49.66%	100.00%	13.14	53.61%	100.00%	14.39	79.44%	100.00%	20.93	47.90%	100.00%	14.61	17.74%	100.00%	13.55									
MaxPWS+	68.28%	100.00%	12.25	55.49%	100.00%	10.03	47.08%	100.00%	9.55	42.07%	100.00%	9.93	45.83%	100.00%	11.23	48.15%	100.00%	12.1	82.01%	100.00%	18.95	42.63%	100.00%	12.08	16.24%	100.00%	12.04									
MaxPWS-	65.77%	100.00%	11.81	53.86%	100.00%	9.95	45.64%	100.00%	9.48	41.19%	100.00%	9.89	43.70%	100.00%	10.96	48.15%	100.00%	12.1	82.01%	100.00%	18.95	41.69%	100.00%	11.75	16.87%	100.00%	12.28									

Tabela 68: Resultados da heurística CS para a família Rosznieg

		$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$																									
		MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				MaxTasks2				MaxTasks3				MaxTasksK				MinRLB					
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T		
MinD		14.92%	100.00%	8.33	14.92%	100.00%	8.34	14.92%	100.00%	8.41	14.92%	100.00%	8.41	14.92%	100.00%	8.35	14.92%	100.00%	8.38	14.92%	100.00%	8.41	14.92%	100.00%	8.35	15.36%	100.00%	8.35	15.36%	100.00%	8.63	11.41%	100.00%	10.69					
MinR		13.73%	100.00%	8.19	13.73%	100.00%	8.25	13.73%	100.00%	8.16	13.73%	100.00%	8.16	13.73%	100.00%	8.2	13.73%	100.00%	8.28	13.73%	100.00%	8.43	13.73%	100.00%	8.35	13.73%	100.00%	8.19	14.17%	100.00%	8.38	11.91%	100.00%	10.83					
MaxFTime		17.74%	100.00%	9.74	17.74%	100.00%	9.73	17.74%	100.00%	9.75	17.74%	100.00%	9.75	17.74%	100.00%	9.75	17.74%	100.00%	9.84	17.74%	100.00%	9.79	17.74%	100.00%	9.79	17.74%	100.00%	9.73	18.06%	100.00%	9.8	14.23%	100.00%	12.08					
MaxPVS+		17.30%	100.00%	9.51	17.30%	100.00%	9.38	17.30%	100.00%	9.35	17.30%	100.00%	9.35	17.30%	100.00%	9.39	17.30%	100.00%	9.44	17.30%	100.00%	9.36	17.30%	100.00%	9.36	17.30%	100.00%	9.39	17.74%	100.00%	9.51	13.79%	100.00%	11.65					
MaxPVS-		15.30%	100.00%	8	15.30%	100.00%	7.96	15.30%	100.00%	8.08	15.30%	100.00%	8.08	15.30%	100.00%	8.39	15.30%	100.00%	7.98	15.30%	100.00%	8	15.30%	100.00%	8	15.30%	100.00%	8	15.30%	100.00%	8.01	16.05%	100.00%	8.24	12.73%	100.00%	10.63		
MaxPVS-		14.48%	100.00%	7.98	14.48%	100.00%	8.04	14.48%	100.00%	8	14.48%	100.00%	8	14.48%	100.00%	7.98	14.48%	100.00%	8.06	15.30%	100.00%	8	15.30%	100.00%	8	15.30%	100.00%	8.01	14.80%	100.00%	8.01	12.92%	100.00%	10.65					
		$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$												$K_{Max}=3$													
		MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				MaxTasks2				MaxTasks3				MaxTasksK				MinRLB					
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T		
MinD		25.89%	100.00%	11.06	25.89%	100.00%	11.04	25.89%	100.00%	11.08	25.89%	100.00%	11.08	25.89%	100.00%	11.08	25.89%	100.00%	11	25.89%	100.00%	11.09	25.89%	100.00%	11.09	18.37%	100.00%	11.09	18.37%	100.00%	10.36	13.73%	100.00%	13.19					
MinR		24.14%	100.00%	10.91	24.14%	100.00%	10.95	24.14%	100.00%	10.80	24.14%	100.00%	10.80	24.14%	100.00%	10.89	24.14%	100.00%	10.98	24.14%	100.00%	10.95	24.14%	100.00%	10.95	24.14%	100.00%	10.89	18.12%	100.00%	10.31	14.48%	100.00%	13.29					
MaxFTime		26.52%	100.00%	12.44	26.52%	100.00%	12.5	26.52%	100.00%	12.43	26.52%	100.00%	12.43	26.52%	100.00%	12.44	26.52%	100.00%	12.49	26.52%	100.00%	12.48	26.52%	100.00%	12.13	27.46%	100.00%	12.5	22.13%	100.00%	11.98	17.18%	100.00%	14.7					
MaxPVS+		27.46%	100.00%	12.01	27.46%	100.00%	12.04	27.46%	100.00%	12.04	27.46%	100.00%	12.04	27.46%	100.00%	12.06	27.46%	100.00%	12.14	27.46%	100.00%	12.13	27.46%	100.00%	10.23	22.19%	100.00%	12.03	22.19%	100.00%	11.6	16.18%	100.00%	14.2					
MaxPVS-		24.01%	100.00%	10.23	24.01%	100.00%	10.21	24.01%	100.00%	10.36	24.01%	100.00%	10.36	24.01%	100.00%	10.46	24.01%	100.00%	10.48	24.20%	100.00%	10.23	24.20%	100.00%	10.23	24.20%	100.00%	10.26	17.08%	100.00%	9.6	15.49%	100.00%	12.83					

Tabela 69: Resultados da heurística CW para a família Rosznieg

		$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$																							
		MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				MaxTasks2				MaxTasks3				MaxTasksK				MinRLB			
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T			
MinD		15.49%	98.73%	11.75	14.72%	97.50%	11.93	13.58%	92.30%	11.95	11.83%	82.50%	11.1	11.36%	73.75%	10.26	10.76%	66.25%	9.83	10.96%	56.25%	8.71	10.61%	61.25%	9.46	8.43%	60.00%	12									
MinR		17.68%	100.00%	12.09	16.27%	97.50%	12.1	12.68%	90.00%	11.56	10.49%	78.75%	10.4	10.31%	72.50%	10.01	10.01%	63.75%	9.15	10.53%	60.00%	9.28	10.22%	62.50%	9.3	8.07%	63.75%	13.06									
MaxFTime		19.18%	100.00%	13.55	17.82%	96.25%	13.4	16.67%	90.00%	13.18	12.91%	81.25%	12.35	13.39%	77.50%	12.15	12.98%	67.50%	10.99	13.63%	60.00%	10.26	13.58%	66.25%	11.24	10.78%	62.50%	14.06									
MaxPVS+		19.18%	100.00%	13.3	17.28%	95.00%	12.73	16.64%	85.00%	12.1	13.29%	78.75%	11.46	13.56%	72.50%	11.13	12.31%	68.75%	10.84	12.63%	56.25%	9.45	12.43%	61.25%	9.95	9.74%	63.75%	13.93									
MaxPVS-		17.59%	98.73%	11.48	15.98%	96.25%	11.31	14.29%	83.75%	10.33	11.93%	80.00%	10.16	12.05%	71.25%	9.45	10.65%	65.00%	8.76	10.91%	53.75%	7.79	10.82%	58.75%	8.15	8.73%	60.00%	12.1									
MaxPVS-		17.59%	97.50%	11.41	16.11%	97.50%	11.61	14.12%	85.00%	10.63	11.54%	78.75%	9.94	11.33%	72.50%	9.6	10.65%	65.00%	8.76	10.91%	53.75%	7.79	10.67%	57.50%	8.01	8.73%	58.75%	11.83									
		$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$																							
		MaxTasks1.1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				MaxTasks2				MaxTasks3				MaxTasksK				MinRLB			
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T			
MinD		35.37%	98.73%	22.71	32.09%	97.50%	22.18	25.25%	96.25%	21.26	20.54%	86.25%	20.25	17.15%	76.25%	18.33	13.64%	66.25%	17.29	11.51%	55.00%	15.25	10.61%	61.25%	16.69	8.43%	60.00%	21.36									
MinR		38.43%	100.00%	23.34	34.34%	97.50%	22.3	26.43%	96.25%	21.31	20.42%	90.00%	20.69	16.21%	78.75%	19.23	13.12%	66.25%	17.03	11.50%	58.75%	16.31	10.22%	62.50%	16.73	8.07%	63.75%	23.5									
MaxFTime		39.18%	100.00%	25.89	36.86%	97.50%	25.33	27.98%	92.50%	22.61	23.41%	88.75%	22.39	19.58%	77.50%	20.41	16.57%	65.00%	18.2	14.77%	62.50%	19.04	13.58%	66.25%	19.69	10.78%	62.50%	24.75									
MaxPVS+		39.00%	100.00%	25.2	36.99%	97.50%	24.73	28.39%	92.50%	22.16	23.66%	85.00%	20.94	20.39%	77.50%	19.81	16.14%	63.75%	17.14	13.29%	57.50%	16.76	12.43%	61.25%	17.36	9.74%	63.75%	24.61									
MaxPVS-		33.04%	100.00%	20.56	31.97%	100.00%	20.74	26.55%	92.50%	19.4	20.12%	85.00%	18.25	17.02%	78.75%	17.41	14.31%	67.50%	15.88	12.06%	53.75%	13.86	10.82%	58.75%	14.16	8.73%	60.00%	21.44									
MaxPVS-		33.29%	100.00%	20.85	32.16%	100.00%	21.08	25.65%	93.75%	19.06	20.12%	83.75%	17.95	15.86%	76.25%	16.31	14.31%	67.50%	13.88	12.06%	53.75%	13.86	10.67%	57.50%	13.86	8.73%	58.75%	20.79									

as soluções ótimas das respectivas instâncias para o ALWABP serial. A combinação das regras MinRLB e MinR encontrou as melhores soluções em média.

As tabelas 70, 71, 72 e 73 apresentam os resultados para a família Heskia obtidos, respectivamente, pelas heurísticas C1, C2, CS e CW.

Para a família Heskia, as melhores soluções encontradas pela heurística C1 utilizando $K_{Max} = 2$ estavam, em média, a 21,02% das soluções ótimas do problema serial e a 21,32% para $K_{Max} = 3$. Algumas combinações de regras não conseguiram encontrar soluções com mais de um trabalhador em um estágio, porém todas as instâncias foram resolvidas por pelo menos uma combinação de regras. A regra MinRLB, quando combinada com a regra MinR, apresentou as melhores soluções em média.

Para a heurística C2, a diferença entre as melhores soluções encontradas e as soluções ótimas para o ALWABP serial era de 19,06% para $K_{Max} = 2$ e de 19,53% para $K_{Max} = 3$. Apenas algumas instâncias não foram resolvidas por todas as combinações de regras, sendo que as regras MinRLB e MinR encontraram as melhores soluções em média quando combinadas.

Os melhores resultados encontrados pela heurística CS, estavam a 16,82% das soluções ótimas para o problema serial, utilizando $K_{Max} = 2$, e a 17,69%, utilizando $K_{Max} = 3$. A combinação das regras MinRLB e MinR encontrou as melhores soluções em média para ambos os valores de K_{Max} .

As melhores soluções encontradas pela heurística CW estavam, em média, a 10,23% das soluções ótimas do ALWABP serial, para $K_{Max} = 2$, e a 10,42%, para $K_{Max} = 3$. A combinação das regras MinRLB e MinD apresentou os melhores resultados, em média, para ambos os valores de K_{Max} .

Os resultados das heurísticas C1, C2, CS e CW para a família Tonge podem ser vistos, respectivamente, nas tabelas 74, 75, 76 e 77.

Para a família Tonge, a diferença entre as melhores soluções encontradas pela heurística C1 e as melhores soluções conhecidas para o ALWABP serial era de 25,28% para $K_{Max} = 2$ e 26,80% para $K_{Max} = 3$. As regras MinRLB e MinR, quando combinadas, encontraram as melhores soluções, em média, para ambos os valores de K_{Max} .

As melhores soluções encontradas pela heurística C2 para estavam, em média, a 25,70% das melhores soluções conhecidas para o problema serial, utilizando $K_{Max} = 2$, e a 26,16%, para $K_{Max} = 3$. A combinação das regras MinRLB e MinR encontrou as melhores soluções, em média, para ambos os valores de K_{Max} .

Tabela 70: Resultados da heurística C1 para a família Heskia

		$K_{Hes}=2$																										
		MaxTasks1				MaxTasks1,2				MaxTasks1,4				MaxTasks1,6				MaxTasks1,8										
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T						
MinD		50.75%	100.00%	46.83	40.27%	100.00%	41.94	43.21%	100.00%	49.9	46.31%	90.00%	46.78	62.09%	78.75%	51.53	64.92%	53.75%	44.6	83.07%	16.25%	15.03	80.47%	32.50%	30.03	31.69%	100.00%	49.96
MinR		50.92%	100.00%	46.94	43.01%	100.00%	44.94	41.36%	100.00%	47.56	43.33%	92.50%	47.41	63.10%	87.50%	58.85	56.73%	67.50%	50.16	68.50%	21.25%	17.74	69.35%	43.75%	39.55	29.08%	100.00%	49.01
MaxFTime		60.44%	100.00%	67.16	52.75%	100.00%	62.95	60.63%	97.50%	70.79	61.22%	87.50%	66.74	70.82%	73.75%	62.96	75.98%	51.25%	50.1	84.48%	26.25%	15.01	84.48%	26.25%	34.1	47.05%	100.00%	79.84
MaxFVS+		59.61%	100.00%	64.86	53.39%	100.00%	60.78	57.61%	98.75%	69.24	57.93%	90.00%	64.38	69.40%	72.50%	60.36	76.54%	51.25%	51.5	80.22%	13.75%	15.01	82.13%	23.75%	24.98	43.84%	100.00%	74.35
MaxPVS+		50.49%	100.00%	45.11	45.38%	100.00%	43.46	46.56%	100.00%	45.81	49.42%	98.75%	50.69	57.75%	97.50%	57.79	72.83%	90.00%	67.41	104.37%	38.75%	49.31	96.45%	80.00%	92.84	35.40%	100.00%	55.44
MaxVVS-		51.22%	100.00%	45.19	48.81%	100.00%	45.81	48.15%	100.00%	47.18	52.53%	100.00%	52.11	56.06%	97.50%	56.56	72.83%	90.00%	67.41	104.37%	38.75%	49.31	77.16%	83.75%	69.23	35.74%	100.00%	54.99
		$K_{Hes}=3$																										
		MaxTasks1				MaxTasks1,2				MaxTasks1,4				MaxTasks1,6				MaxTasks1,8										
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T						
MinD		61.01%	100.00%	97.33	52.99%	100.00%	91.25	52.50%	100.00%	93.55	51.92%	86.25%	87.08	62.59%	78.75%	93.74	63.81%	57.50%	89.13	92.62%	23.75%	54.59	80.47%	32.50%	59.75	31.14%	100.00%	87.4
MinR		69.49%	100.00%	106.98	61.70%	100.00%	100.98	54.31%	100.00%	94.98	58.30%	95.00%	100.46	63.41%	90.00%	107.19	58.67%	71.25%	101.98	62.07%	25.00%	41.95	69.35%	43.75%	81.38	28.23%	100.00%	83.9
MaxFTime		84.27%	100.00%	150.15	73.04%	100.00%	140.38	70.34%	98.75%	136.71	67.09%	92.50%	128.61	72.85%	75.00%	122.64	79.99%	58.75%	130.68	82.30%	21.25%	58.75	84.48%	26.25%	72.43	46.48%	100.00%	139.59
MaxFVS+		84.38%	100.00%	145.68	74.53%	100.00%	137.29	68.80%	98.75%	129.66	67.00%	91.25%	127.44	73.88%	77.50%	126.49	78.52%	61.25%	130.28	83.07%	16.25%	39.69	82.13%	23.75%	54.75	43.91%	100.00%	131.85
MaxPVS+		60.10%	100.00%	85.49	54.28%	100.00%	82.85	52.01%	100.00%	81.44	54.95%	98.75%	86.35	62.64%	98.75%	98.66	74.99%	91.25%	114.1	113.39%	53.75%	131.83	96.54%	80.00%	178.86	35.40%	100.00%	92.49
MaxVVS-		59.11%	100.00%	83.43	55.58%	100.00%	82.6	53.44%	100.00%	82.44	57.15%	100.00%	89.55	62.55%	98.75%	97.35	74.99%	91.25%	114.1	113.39%	53.75%	131.83	76.95%	83.75%	127.71	35.74%	100.00%	93.85

Tabela 71: Resultados da heurística C2 para a família Heskia

		$K_{Hes}=2$																										
		MaxTasks1				MaxTasks1,2				MaxTasks1,4				MaxTasks1,6				MaxTasks1,8										
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T						
MinD		70.84%	100.00%	59.68	42.45%	100.00%	43.01	42.35%	100.00%	47.41	57.77%	100.00%	60.69	80.74%	100.00%	78.61	93.44%	98.75%	86.21	124.38%	97.50%	113.08	91.30%	98.75%	85.45	27.19%	100.00%	45.91
MinR		68.40%	100.00%	60.76	43.46%	100.00%	43.44	41.17%	100.00%	45.65	49.92%	100.00%	56.63	71.84%	98.75%	72.56	80.74%	98.75%	79.39	123.68%	98.75%	114.15	80.75%	98.75%	80.08	25.59%	100.00%	46.15
MaxFTime		84.67%	100.00%	88.16	55.29%	100.00%	63.73	62.89%	100.00%	75.46	81.75%	100.00%	96.14	98.30%	97.50%	106.85	106.92%	97.50%	114.88	128.18%	96.25%	135.7	106.99%	97.50%	115.44	41.75%	100.00%	71.96
MaxFVS+		85.57%	100.00%	86.59	55.71%	100.00%	64.74	54.85%	100.00%	66.3	77.16%	100.00%	89.29	96.08%	98.75%	107.39	108.67%	98.75%	117.21	127.47%	97.50%	133.15	108.64%	98.75%	116.43	38.85%	100.00%	66.59
MaxPVS+		60.47%	100.00%	49.71	47.22%	100.00%	44.68	47.91%	100.00%	48.39	50.30%	100.00%	51.81	57.35%	100.00%	58.36	69.51%	100.00%	67.5	270.25%	98.75%	106.23	69.69%	100.00%	116.43	34.47%	100.00%	53.39
MaxVVS-		62.02%	100.00%	53	48.85%	100.00%	44.28	47.47%	100.00%	45.79	52.02%	100.00%	51.9	62.78%	100.00%	61.24	69.51%	100.00%	67.5	270.25%	98.75%	106.23	69.69%	100.00%	116.43	34.93%	100.00%	52.29
		$K_{Hes}=3$																										
		MaxTasks1				MaxTasks1,2				MaxTasks1,4				MaxTasks1,6				MaxTasks1,8										
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T						
MinD		168.62%	100.00%	171.83	134.16%	100.00%	132.23	123.68%	100.00%	122.84	123.97%	100.00%	122.85	132.93%	100.00%	132.56	135.46%	98.75%	134.53	156.35%	97.50%	170.64	117.74%	98.75%	118.24	67.76%	100.00%	85.08
MinR		171.35%	100.00%	189.55	140.03%	100.00%	157.14	127.13%	100.00%	125.54	115.57%	100.00%	116.03	130.70%	100.00%	124.98	128.09%	98.75%	134.86	149.96%	98.75%	150.71	120.71	98.75%	120.71	63.78%	100.00%	80.76
MaxFTime		192.88%	100.00%	242.25	162.30%	100.00%	198.99	151.86%	100.00%	180.79	153.80%	100.00%	188.21	149.43%	98.75%	178.48	192.62%	97.50%	178.99	171.71%	96.25%	222.33	143.25%	97.50%	168.29	84.21%	100.00%	137.53
MaxFVS+		194.89%	100.00%	241.23	162.28%	100.00%	191.86	149.22%	100.00%	170.23	156.41%	100.00%	183.33	153.88%	100.00%	180.78	158.47%	98.75%	192.81	166.43%	97.50%	211.05	149.63%	98.75%	174.83	82.84%	100.00%	129.41
MaxPVS+		168.62%	100.00%	140.64	129.21%	100.00%	193.96	113.98%	100.00%	92.38	111.92%	100.00%	97.74	113.66%	100.00%	105.11	120.79%	100.00%	112.7	133.56%	98.75%	154.79	114.22%	100.00%	114.25	75.83%	100.00%	94.75
MaxVVS-		166.35%	100.00%	135.85	132.45%	100.00%	106.14	120.12%	100.00%	98.13	114.90%	100.00%	97.31	121.28%	100.00%	106.83	120.79%	100.00%	112.7	133.56%	98.75%	154.79	116.11%	100.00%	110.39	77.53%	100.00%	99.7
		MinHes=3																										
		MaxTasks1				MaxTasks1,2				MaxTasks1,4				MaxTasks1,6				MaxTasks1,8										
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T						
MinD		168.62%	100.00%	171.83	134.16%	100.00%	132.23	123.68%	100.00%	122.84	123.97%	100.00%	122.85	132.93%	100.00%	132.56	135.46%	98.75%	134.53	156.35%	97.50%	170.64	117.74%	98.75%	118.24	67.76%	100.00%	85.08
MinR		171.35%	100.00%	189.55	140.03%	100.00%	157.14	127.13%	100.00%	125.54	115.57%	100.00%	116.03	130.70%	100.00%	124.98	128.09%	98.75%	134.86	149.96%	98.75%	150.71	120.71	98.75%	120.71	63.78%	100.00%	80.76
MaxFTime		192.88%	100.00%	242.25	162.30%	100.00%	198.99	151.86%	100.00%	180.79	153.80%	100.00%	188.21	149.43%	98.75%	178.48	192.62%	97.50%	178.99	171.71%	96.25%	222.33	143.25%	97.50%	168.29	84.21%	100.00%	137.53
MaxFVS+		194.89%	100.00%	241.23	162.28%	100.00%	191.86	149.22%	100.00%	170.23	156.41%	100.00%	183.33	153.88%	100.00%	180.78	158.47%	98.75%	192.81	166.43%	97.50%	211.05	149.63%	98.75%	174.83	82.84%	100.00%	129.41
MaxPVS+		168.62%	100.00%	140.64	129.21%	100.00%	193.96	113.98%	100.00%	92.38	111.92%	100.00%	97.74	113.66%	100.00%	105.11	120.79%	100.00%	112.7	133.56%	98.75%	154.79	114.22%	100.00%	114.25	75.83%	100.00%	94.75
MaxVVS-		166.35%	100.00%	135.85	132.45%	100.00%	106.14	120.12%	100.00%	98.13	114.90%	100.00%	97.31	121.28%	100.00%	106.83	120.79%	100.00%	112.7	133.56%	98.75%	154.79	116.11%	100.00%	110.39	77.53%	100.00%	99.7

Tabela 72: Resultados da heurística CS para a família Heskia

	$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$														
	MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB		
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MmD	29.87%	100.00%	65.3	29.87%	100.00%	64.95	29.87%	100.00%	64.68	29.87%	100.00%	64.71	29.87%	100.00%	64.18	29.87%	100.00%	65.13	29.87%	100.00%	64.18	29.96%	100.00%	65	22.23%	100.00%	62.48
MmR	29.25%	100.00%	65.8	29.25%	100.00%	63.21	29.25%	100.00%	65.53	29.25%	100.00%	65.29	29.25%	100.00%	65.31	29.25%	100.00%	65.11	29.25%	100.00%	64.94	28.89%	100.00%	65.85	20.85%	100.00%	64.29
MaxFTime	42.12%	100.00%	95.34	42.12%	100.00%	94.13	42.12%	100.00%	95.44	42.12%	100.00%	94.19	42.12%	100.00%	93.8	42.12%	100.00%	94.8	42.12%	100.00%	93.8	42.64%	100.00%	95.39	34.23%	100.00%	95.76
MaxPWS+	40.89%	100.00%	91.14	40.89%	100.00%	92.6	40.89%	100.00%	89.48	40.89%	100.00%	91.8	40.89%	100.00%	91.38	40.89%	100.00%	90.41	40.89%	100.00%	91.09	40.93%	100.00%	90.68	32.10%	100.00%	90.1
MaxPWS-	36.39%	100.00%	70.2	36.39%	100.00%	70.31	36.39%	100.00%	70.55	36.39%	100.00%	71.56	36.39%	100.00%	71.69	36.39%	100.00%	72.21	36.39%	100.00%	71.23	36.40%	100.00%	69.73	31.01%	100.00%	76.94
MaxPWS-	38.10%	100.00%	72.93	38.10%	100.00%	70.78	38.10%	100.00%	73.28	38.10%	100.00%	71.8	38.10%	100.00%	72.4	38.39%	100.00%	72.21	38.39%	100.00%	71.23	38.16%	100.00%	71.75	31.69%	100.00%	77.58

	$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$												$K_{Max}=3$											
	MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB											
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T									
MmD	35.32%	100.00%	88.99	35.32%	100.00%	88.13	35.32%	100.00%	88.25	35.32%	100.00%	89.51	35.32%	100.00%	89.14	35.32%	100.00%	89.48	35.32%	100.00%	88.5	32.11%	100.00%	86.65	23.70%	100.00%	80.34									
MmR	37.65%	100.00%	93.8	37.65%	100.00%	91.04	37.65%	100.00%	93.61	37.65%	100.00%	93.59	37.65%	100.00%	93.46	37.65%	100.00%	93.81	37.65%	100.00%	94.54	32.06%	100.00%	87.74	22.07%	100.00%	81.5									
MaxFTime	50.32%	100.00%	132.78	50.32%	100.00%	132.63	50.32%	100.00%	132.39	50.32%	100.00%	131.85	50.32%	100.00%	132.64	50.32%	100.00%	133.38	50.32%	100.00%	133.38	45.66%	100.00%	129.1	36.47%	100.00%	126.2									
MaxPWS+	51.01%	100.00%	133.98	51.01%	100.00%	133.58	51.01%	100.00%	134.2	51.01%	100.00%	134.69	51.01%	100.00%	133.23	51.01%	100.00%	133.38	51.01%	100.00%	133.34	43.31%	100.00%	121.84	34.19%	100.00%	119.14									
MaxPWS-	41.76%	100.00%	91.51	41.76%	100.00%	90.81	41.76%	100.00%	92.25	41.76%	100.00%	89.9	41.76%	100.00%	91.24	41.76%	100.00%	90.44	41.76%	100.00%	92	40.11%	100.00%	90.76	34.15%	100.00%	95.5									
MaxPWS-	42.66%	100.00%	95.56	42.66%	100.00%	94.25	42.66%	100.00%	94.33	42.66%	100.00%	95.41	42.66%	100.00%	94.49	41.76%	100.00%	90.44	41.76%	100.00%	92	40.53%	100.00%	90.89	35.51%	100.00%	98.28									

Tabela 73: Resultados da heurística CW para a família Heskia

	$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$												$K_{Max}=3$											
	MaxTask1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTaskK			MinRLB											
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T									
MmD	32.02%	98.75%	92.59	29.78%	92.50%	90.48	27.40%	76.25%	78.61	27.06%	68.75%	73.11	27.17%	68.75%	75.11	27.64%	60.00%	65.14	27.50%	53.75%	59.65	27.33%	58.75%	66.19	20.42%	60.00%	71.16									
MmR	28.74%	100.00%	90.36	28.68%	95.00%	89.61	26.37%	73.75%	72.39	24.50%	66.25%	65.51	24.29%	60.00%	61.84	24.52%	55.00%	58.89	25.87%	47.50%	51.48	23.29%	52.50%	55.58	20.44%	56.25%	66.31									
MaxFTime	44.71%	100.00%	137.1	39.92%	90.00%	121.65	36.97%	75.00%	105.29	36.92%	66.25%	96.98	35.93%	58.75%	87.51	34.93%	53.75%	82.3	34.92%	51.25%	80.89	34.99%	51.25%	81.3	30.88%	58.75%	102.23									
MaxPWS+	44.26%	100.00%	134.68	39.51%	91.25%	119.68	36.40%	76.25%	108.95	36.04%	68.75%	98.78	36.29%	62.50%	94.2	35.73%	57.50%	84.99	36.18%	53.75%	80.11	35.19%	55.00%	81.55	25.44%	60.00%	92.76									
MaxPWS+	37.81%	88.75%	92.2	35.92%	78.75%	81.94	34.81%	61.25%	67.64	32.56%	57.50%	66.33	31.82%	52.50%	60.43	31.13%	47.50%	57.09	32.96%	45.00%	55.99	31.73%	46.25%	56.4	26.29%	52.50%	73.3									
MaxPWS-	39.74%	90.00%	96.95	36.87%	76.25%	83.29	35.16%	56.25%	63.75	34.54%	53.75%	62.98	33.82%	48.75%	57.94	31.13%	47.50%	57.09	32.96%	45.00%	55.99	32.68%	43.75%	52.13	27.60%	57.50%	79.99									
	MaxTask1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTaskK			MinRLB											
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T									
MmD	41.47%	98.75%	195.46	38.95%	96.25%	192.61	32.49%	81.25%	189.9	29.02%	71.25%	151.99	28.36%	67.50%	151.95	28.49%	61.25%	141.93	27.50%	53.75%	129.45	27.33%	58.75%	139.69	20.40%	60.00%	149.95									
MmR	48.07%	100.00%	209.81	45.40%	96.25%	205.69	35.52%	81.25%	170.79	28.52%	67.50%	142.65	26.53%	62.50%	130.21	26.34%	55.00%	130.8	25.87%	47.50%	116.74	23.29%	52.50%	123.51	20.44%	56.25%	139.19									
MaxFTime	68.18%	100.00%	335.21	61.49%	97.50%	314.45	50.10%	83.75%	254.96	41.96%	68.75%	221.45	38.27%	62.50%	208.35	35.29%	53.75%	185.28	34.92%	51.25%	182.88	34.99%	51.25%	181.3	30.88%	58.75%	217.58									
MaxPWS+	66.58%	100.00%	316.66	59.24%	97.50%	287.38	50.31%	87.50%	253.53	42.92%	70.00%	224.35	39.20%	65.00%	207.98	36.01%	58.75%	188.3	36.11%	53.75%	180.18	35.19%	55.00%	182.58	25.44%	60.00%	201.38									
MaxPWS+	45.40%	96.25%	185.01	41.48%	85.00%	168.81	38.98%	65.00%	139.55	37.12%	56.25%	135.78	33.58%	52.50%	128.93	32.41%	48.75%	124.76	32.96%	45.00%	119.61	31.73%	46.25%	121.35	26.29%	52.50%	145.58									
MaxPWS-	46.81%	92.50%	180.19	42.68%	80.00%	159.94	41.30%	63.75%	139.34	36.37%	53.75%	122.63	37.13%	51.25%	130.8	32.41%	48.75%	124.76	32.96%	45.00%	119.61	31.73%	46.25%	121.35	27.60%	57.50%	153.69									

Tabela 74: Resultados da heurística C1 para a família Tonge

		$K_{tree}=2$																							
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MinFLB								
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T						
MinFLB		74.61%	100.00%	960.98	67.95%	100.00%	921.31	49.76%	100.00%	853.94	43.80%	100.00%	873.43	40.57%	100.00%	893.47	40.83%	100.00%	1284.73						
MinFLB		73.61%	100.00%	931.39	66.30%	100.00%	889.04	49.70%	100.00%	870.46	41.45%	100.00%	833.46	37.76%	100.00%	822.38	36.41%	100.00%	987.53						
MaxFLTime		76.81%	100.00%	992.35	68.40%	100.00%	941.01	53.30%	100.00%	870.46	45.21%	100.00%	905.83	42.55%	100.00%	923.96	41.96%	100.00%	1292.58						
MaxFLTime		74.53%	100.00%	1094.19	67.62%	100.00%	1045.58	51.56%	100.00%	972.89	43.30%	100.00%	998.15	42.27%	100.00%	1054.54	41.81%	100.00%	1095.48						
MaxFLTime		81.05%	100.00%	806.63	70.20%	100.00%	739	55.32%	100.00%	714.65	47.85%	100.00%	727.98	45.16%	100.00%	750.91	43.80%	100.00%	982.46						
MaxFLVVS-		85.29%	100.00%	811.6	75.74%	100.00%	764.9	64.06%	100.00%	749.03	53.40%	100.00%	739.25	50.43%	100.00%	770.06	43.80%	100.00%	982.46						
		$K_{tree}=3$																							
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinFLB		
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinFLB		103.24%	100.00%	4798.79	99.82%	100.00%	4718.91	88.30%	100.00%	4281.29	75.46%	100.00%	4097.29	64.63%	100.00%	4109.03	54.94%	100.00%	4245.28	51.48%	100.00%	4871.33	42.45%	100.00%	4400.8
MinFLB		103.05%	100.00%	4374.89	99.93%	100.00%	4480.15	91.91%	100.00%	4196.23	81.45%	100.00%	4074.95	67.73%	100.00%	3965.11	55.29%	100.00%	4043.51	49.02%	100.00%	4594.74	38.40%	100.00%	4083.19
MaxFLTime		108.94%	100.00%	4796.26	105.87%	100.00%	4716.98	93.38%	100.00%	4384.8	81.27%	100.00%	4215.66	66.40%	100.00%	4128.53	55.80%	100.00%	4271.53	54.44%	100.00%	4778.01	41.92%	100.00%	4283.66
MaxFLTime		107.55%	100.00%	5369.33	104.27%	100.00%	5243.45	93.08%	100.00%	4971.66	79.02%	100.00%	4677.69	64.33%	100.00%	4593.61	56.12%	100.00%	4722.55	53.76%	100.00%	5340.63	43.00%	100.00%	4878.54
MaxFLTime		105.97%	100.00%	3447.38	101.43%	100.00%	3267.14	93.30%	100.00%	3276.53	82.85%	100.00%	3188.65	69.94%	100.00%	3123.35	58.74%	100.00%	3129.75	57.87%	100.00%	3935.33	46.71%	100.00%	3513.5
MaxFLVVS-		114.54%	100.00%	3516.26	105.50%	100.00%	3322.24	97.49%	100.00%	3215.9	89.01%	100.00%	3224.58	77.10%	100.00%	3065.71	58.74%	100.00%	3129.75	57.87%	100.00%	3935.33	52.08%	100.00%	3609.14
		$K_{tree}=3$																							
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinFLB		
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinFLB		103.24%	100.00%	4798.79	99.82%	100.00%	4718.91	88.30%	100.00%	4281.29	75.46%	100.00%	4097.29	64.63%	100.00%	4109.03	54.94%	100.00%	4245.28	51.48%	100.00%	4871.33	42.45%	100.00%	4400.8
MinFLB		103.05%	100.00%	4374.89	99.93%	100.00%	4480.15	91.91%	100.00%	4196.23	81.45%	100.00%	4074.95	67.73%	100.00%	3965.11	55.29%	100.00%	4043.51	49.02%	100.00%	4594.74	38.40%	100.00%	4083.19
MaxFLTime		108.94%	100.00%	4796.26	105.87%	100.00%	4716.98	93.38%	100.00%	4384.8	81.27%	100.00%	4215.66	66.40%	100.00%	4128.53	55.80%	100.00%	4271.53	54.44%	100.00%	4778.01	41.92%	100.00%	4283.66
MaxFLTime		107.55%	100.00%	5369.33	104.27%	100.00%	5243.45	93.08%	100.00%	4971.66	79.02%	100.00%	4677.69	64.33%	100.00%	4593.61	56.12%	100.00%	4722.55	53.76%	100.00%	5340.63	43.00%	100.00%	4878.54
MaxFLTime		105.97%	100.00%	3447.38	101.43%	100.00%	3267.14	93.30%	100.00%	3276.53	82.85%	100.00%	3188.65	69.94%	100.00%	3123.35	58.74%	100.00%	3129.75	57.87%	100.00%	3935.33	46.71%	100.00%	3513.5
MaxFLVVS-		114.54%	100.00%	3516.26	105.50%	100.00%	3322.24	97.49%	100.00%	3215.9	89.01%	100.00%	3224.58	77.10%	100.00%	3065.71	58.74%	100.00%	3129.75	57.87%	100.00%	3935.33	52.08%	100.00%	3609.14

Tabela 75: Resultados da heurística C2 para a família Tonge

		$K_{tree}=2$																							
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinIRLB		
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinIRLB		83.29%	100.00%	1042.64	69.98%	100.00%	943.95	52.29%	100.00%	848.43	42.81%	100.00%	844.75	38.70%	100.00%	872.69	39.02%	100.00%	898.35	46.90%	100.00%	1051.75	39.70%	100.00%	909.23
MinIRLB		81.04%	100.00%	992.51	68.32%	100.00%	909.91	52.24%	100.00%	831.4	42.04%	100.00%	824.46	36.14%	100.00%	825.04	35.88%	100.00%	844.96	42.88%	100.00%	990.43	36.48%	100.00%	853.63
MaxFLTime		83.71%	100.00%	1046.21	68.72%	100.00%	935.85	53.87%	100.00%	888.69	44.88%	100.00%	878.24	42.87%	100.00%	926.41	42.92%	100.00%	955.68	50.94%	100.00%	1116.13	43.38%	100.00%	956.56
MaxFLTime		82.23%	100.00%	1166.91	68.14%	100.00%	1050.81	53.23%	100.00%	984.36	44.74%	100.00%	997	41.99%	100.00%	1038.2	42.92%	100.00%	1063.1	48.11%	100.00%	1211.38	43.91%	100.00%	1080.54
MaxFLTime		88.19%	100.00%	865.2	72.49%	100.00%	771.44	56.27%	100.00%	711.11	40.24%	100.00%	730.28	44.50%	100.00%	738.13	43.93%	100.00%	761.73	52.60%	100.00%	909.69	44.08%	100.00%	762.98
MaxFLVVS-		92.02%	100.00%	845.86	78.99%	100.00%	787.63	63.70%	100.00%	738.65	54.41%	100.00%	730.84	49.64%	100.00%	757.96	43.93%	100.00%	761.73	52.60%	100.00%	909.69	51.11%	100.00%	788.21
		$K_{tree}=3$																							
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinIRLB		
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinIRLB		116.14%	100.00%	5265.39	100.10%	100.00%	5036	95.12%	100.00%	4581.68	81.97%	100.00%	4312.39	69.69%	100.00%	4231.18	62.99%	100.00%	4328.49	48.23%	100.00%	4557.73	40.68%	100.00%	4133.31
MinIRLB		115.68%	100.00%	4998.01	100.01%	100.00%	4733.88	98.64%	100.00%	4435.79	84.71%	100.00%	4175.08	69.39%	100.00%	3953.8	60.96%	100.00%	4006.53	46.12%	100.00%	4307.88	37.88%	100.00%	3826.21
MaxFLTime		117.80%	100.00%	5224.25	110.05%	100.00%	4915.18	99.34%	100.00%	4441.95	84.82%	100.00%	4347.73	69.73%	100.00%	4254.39	62.80%	100.00%	4350.26	53.34%	100.00%	4604.36	44.71%	100.00%	4204.83
MaxFLTime		117.88%	100.00%	5894.69	111.05%	100.00%	5482.45	98.91%	100.00%	5108.83	80.76%	100.00%	4719.01	66.95%	100.00%	4653.49	59.80%	100.00%	4773.09	52.63%	100.00%	5164.45	45.24%	100.00%	4686.99
MaxFLVVS-		117.84%	100.00%	3832.2	100.63%	100.00%	3589.76	98.31%	100.00%	3373.65	87.23%	100.00%	3293.08	74.11%	100.00%	3233.08	67.48%	100.00%	3270.48	53.05%	100.00%	3520.26	45.36%	100.00%	3193.41
MaxFLVVS-		124.56%	100.00%	3793.13	112.98%	100.00%	3505.96	103.28%	100.00%	3368.86	93.41%	100.00%	3293.13	81.39%	100.00%	3213.83	67.48%	100.00%	3270.48	53.05%	100.00%	3520.26	51.89%	100.00%	3213.13
		$K_{tree}=3$																							
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinIRLB		
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinIRLB		116.14%	100.00%	5265.39	100.10%	100.00%	5036	95.12%	100.00%	4581.68	81.97%	100.00%	4312.39	69.69%	100.00%	4231.18	62.99%	100.00%	4328.49	48.23%	100.00%	4557.73	40.68%	100.00%	4133.31
MinIRLB		115.68%	100.00%	4998.01	100.01%	100.00%	4733.88	98.64%	100.00%	4435.79	84.71%	100.00%	4175.08	69.39%	100.00%	3953.8	60.96%	100.00%	4006.53	46.12%	100.00%	4307.88	37.88%	100.00%	3826.21
MaxFLTime		117.80%	100.00%	5224.25	110.05%	100.00%	4915.18	99.34%	100.00%	4441.95	84.82%	100.00%	4347.73	69.73%	100.00%	4254.39	62.80%	100.00%	4350.26	53.34%	100.00%	4604.36	44.71%	100.00%	4204.83
MaxFLTime		117.88%	100.00%	5894.69	111.05%	100.00%	5482.45	98.91%	100.00%	5108.83	80.76%	100.00%	4719.01	66.95%	100.00%	4653.49	59.80%	100.00%	4773.09	52.63%	100.00%	5164.45	45.24%	100.00%	4686.99
MaxFLVVS-		117.84%	100.00%	3832.2	100.63%	100.00%	3589.76	98.31%	100.00%	3373.65	87.23%	100.00%	3293.08	74.11%	100.00%	3233.08	67.48%	100.00%	3270.48	53.05%	100.00%	3520.26	45.36%	100.00%	3193.41
MaxFLVVS-		124.56%	100.00%	3793.13	112.98%	100.00%	3505.96	103.28%	100.00%	3368.86	93.41%	100.00%	3293.13	81.39%	100.00%	3213.83	67.48%	100.00%	3270.48	53.05%	100.00%	3520.26	51.89%	100.00%	3213.13

Tabela 76: Resultados da heurística CS para a família Tonge

	$K_{time}=2$												$K_{time}=3$																							
	MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB											
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T									
MinD	28.65%	100.00%	1983.25	28.65%	100.00%	1983.99	28.65%	100.00%	1984.99	28.65%	100.00%	1983.19	28.65%	100.00%	1985.39	28.65%	100.00%	1986.04	28.65%	100.00%	1985.01	29.40%	100.00%	201.56	28.99%	100.00%	3180.08									
MinR	27.58%	100.00%	1949.41	27.58%	100.00%	1945.85	27.58%	100.00%	1946.04	27.58%	100.00%	1947.89	27.58%	100.00%	1945.89	27.58%	100.00%	1944.46	27.58%	100.00%	1951.64	27.91%	100.00%	1973.49	27.44%	100.00%	3132.54									
MaxFTime	32.54%	100.00%	2109.99	32.54%	100.00%	2110.24	32.54%	100.00%	2107.8	32.54%	100.00%	2110.63	32.54%	100.00%	2116.46	32.54%	100.00%	2110.5	32.54%	100.00%	2110.84	32.46%	100.00%	2113.81	31.42%	100.00%	3318.68									
MaxFTime	31.69%	100.00%	2220.26	31.69%	100.00%	2220.26	31.69%	100.00%	2321.24	31.69%	100.00%	2321.79	31.69%	100.00%	2322.76	31.69%	100.00%	2321.84	31.69%	100.00%	2323.45	32.23%	100.00%	2342.23	29.06%	100.00%	3560.51									
MaxPWS +	34.26%	100.00%	1869.89	34.26%	100.00%	1861.94	34.26%	100.00%	1872.3	34.26%	100.00%	1872.3	34.26%	100.00%	1857.85	34.26%	100.00%	1857.85	34.26%	100.00%	1855.36	34.43%	100.00%	1859.21	32.74%	100.00%	3073.46									
MaxPWS-	39.71%	100.00%	1963.75	39.71%	100.00%	1959.01	39.71%	100.00%	1962.29	39.71%	100.00%	1964.84	39.71%	100.00%	1963.51	34.26%	100.00%	1857.85	34.26%	100.00%	1855.36	40.12%	100.00%	1985.23	38.67%	100.00%	3429.73									
	$K_{time}=2$												$K_{time}=3$												$K_{time}=3$											
	MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB											
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T									
MinD	34.34%	100.00%	505.44	34.34%	100.00%	503.76	34.34%	100.00%	505.16	34.34%	100.00%	503.205	34.34%	100.00%	503.65	34.34%	100.00%	506.74	34.34%	100.00%	503.4	29.40%	100.00%	4739.29	29.36%	100.00%	7715.99									
MinR	32.32%	100.00%	484.05	32.32%	100.00%	484.76	32.32%	100.00%	484.906	32.32%	100.00%	484.7	32.32%	100.00%	484.53	32.32%	100.00%	483.28	32.32%	100.00%	482.78	28.22%	100.00%	4654.45	27.76%	100.00%	7498.18									
MaxFTime	36.88%	100.00%	5017.23	36.88%	100.00%	5014.96	36.88%	100.00%	5013.49	36.88%	100.00%	5015.36	36.88%	100.00%	5018.8	36.88%	100.00%	5016.21	36.88%	100.00%	5015.44	32.63%	100.00%	4899.99	31.82%	100.00%	7840.55									
MaxFTime	37.26%	100.00%	5670.23	37.26%	100.00%	5669.29	37.26%	100.00%	5672.11	37.26%	100.00%	5674.88	37.26%	100.00%	5669.16	37.26%	100.00%	5673.74	37.26%	100.00%	5671.78	32.44%	100.00%	5333.24	29.57%	100.00%	8363.66									
MaxPWS +	39.75%	100.00%	4235.7	39.75%	100.00%	4236.21	39.75%	100.00%	4236.3	39.75%	100.00%	4231.51	39.75%	100.00%	4223.69	39.75%	100.00%	4222.75	39.75%	100.00%	4219.55	34.78%	100.00%	4049.03	32.92%	100.00%	7018.43									
MaxPWS-	44.89%	100.00%	4398.69	44.89%	100.00%	4403.41	44.89%	100.00%	4395.48	44.89%	100.00%	4397.5	44.89%	100.00%	4406.31	39.75%	100.00%	4222.75	39.75%	100.00%	4219.55	40.24%	100.00%	4250.36	38.75%	100.00%	7819.48									

Tabela 77: Resultados da heurística CW para a família Tonge

	$K_{time}=2$												$K_{time}=3$												$K_{time}=3$											
	MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB											
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T									
MinD	32.93%	100.00%	2146.1	29.42%	100.00%	2224.95	28.74%	100.00%	2498.38	27.77%	100.00%	2686.71	28.11%	98.73%	2855.66	28.74%	95.00%	2965.6	31.89%	87.50%	2945.61	29.41%	93.73%	3020.54	29.03%	100.00%	5189.38									
MinR	31.58%	100.00%	2116.15	29.38%	100.00%	2241.01	27.82%	100.00%	2477.7	26.93%	100.00%	2564.43	26.39%	95.00%	2679.1	27.51%	93.73%	2855.39	31.59%	86.25%	2880.24	27.90%	90.00%	2884.06	29.26%	90.00%	4813.98									
MaxFTime	36.68%	100.00%	2308.84	32.74%	100.00%	2360.76	31.84%	100.00%	2619.66	30.66%	100.00%	2853.78	31.10%	97.50%	2949.61	31.51%	96.25%	3075.3	34.59%	86.25%	2946.58	31.50%	96.25%	3173.51	30.94%	92.50%	4976.55									
MaxFTime	33.67%	100.00%	2480.58	31.19%	100.00%	2600.25	29.95%	100.00%	2852.68	29.56%	100.00%	3137.44	30.34%	98.75%	3322.38	30.23%	97.50%	3438.9	31.75%	91.25%	3466.21	30.50%	96.25%	3511.68	29.83%	95.00%	5545.1									
MaxPWS +	36.62%	100.00%	2034.13	35.40%	100.00%	2124.35	33.67%	100.00%	2327.19	34.17%	100.00%	2533.91	33.80%	98.75%	2656.49	34.52%	97.50%	2801.64	38.69%	82.50%	2641.89	34.91%	91.25%	2733.56	34.01%	91.25%	4585.19									
MaxPWS-	41.59%	100.00%	2162.93	40.48%	100.00%	2262.24	40.00%	100.00%	2456.25	39.17%	100.00%	2623.78	39.23%	96.25%	2746.84	34.52%	97.50%	2801.64	38.69%	82.50%	2641.89	40.13%	90.00%	2881.73	39.57%	97.50%	5514.69									
	$K_{time}=2$												$K_{time}=3$												$K_{time}=3$											
	MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB											
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T									
MinD	44.17%	100.00%	6972.36	42.69%	100.00%	6914.08	39.56%	100.00%	7088.9	37.58%	100.00%	7921.84	36.22%	100.00%	9132.9	35.32%	97.50%	10673.09	33.74%	87.50%	12173.14	29.41%	93.73%	12571.06	29.03%	100.00%	21847.18									
MinR	42.99%	100.00%	6555.48	42.08%	100.00%	6563.39	39.86%	100.00%	6792.83	38.19%	100.00%	7668.81	35.26%	97.50%	8570.64	33.08%	95.00%	9920.83	32.75%	87.50%	12211.94	27.99%	88.75%	11913.59	29.21%	90.00%	20322.39									
MaxFTime	47.52%	100.00%	7194.36	46.75%	100.00%	7139.01	44.42%	100.00%	7448.34	42.08%	100.00%	8402.78	40.21%	100.00%	9622.33	37.42%	97.50%	10853.89	36.60%	88.75%	12284.24	31.20%	95.00%	12530.33	30.67%	92.50%	20252.65									
MaxFTime	45.64%	100.00%	7740.33	44.81%	100.00%	7751.26	42.88%	100.00%	8044.33	40.40%	100.00%	9070.1	38.75%	100.00%	10451.06	37.37%	100.00%	12163.13	34.67%	93.75%	14186.9	30.59%	96.25%	13988.98	29.76%	95.00%	22562.68									
MaxPWS +	48.58%	100.00%	5538.13	47.51%	100.00%	5604.35	45.73%	100.00%	5975.04	44.01%	100.00%	6887.55	42.89%	100.00%	7728.63	39.80%	95.00%	8725.01	38.98%	81.25%	10142.18	34.58%	91.25%	10649.08	33.96%	91.25%	18765.8									
MaxPWS-	56.27%	100.00%	5954.89	55.22%	100.00%	6045.75	52.24%	100.00%	6419.01	50.15%	100.00%	7147.61	47.55%	100.00%	8097.81	39.80%	95.00%	8725.01	38.98%	81.25%	10142.18	40.10%	90.00%	11129.83	39.57%	97.50%	22720.5									

Utilizando a heurística CS, as melhores soluções encontradas estavam a 19,93% das melhores soluções conhecidas para o ALWABP serial, para $K_{Max} = 2$, e a 20,04%, para $K_{Max} = 3$. Para ambos os valores de K_{Max} , as regras MinRLB e MinR, quando combinadas, encontraram as melhores soluções em média.

A diferença entre as melhores soluções encontradas pela heurística CW e as melhores soluções conhecidas para o ALWABP serial era de 21,36% para $K_{Max} = 2$ e de 23,14% para $K_{Max} = 3$. A regra MinR encontrou as melhores soluções em média, principalmente quando combinada com as regras MaxTasks1.8 (para $K_{Max} = 2$) e MaxTasksK ($K_{Max} = 3$).

As tabelas 78, 79, 80 e 81 apresentam, respectivamente, os resultados obtidos pelas heurísticas C1, C2, CS e CW para a família Wee-mag.

Para a família Wee-mag, as melhores soluções encontradas pela heurística C1 estavam a 31,21% das melhores soluções conhecidas para o ALWABP serial, utilizando $K_{Max} = 2$. Para $K_{Max} = 3$, as melhores soluções estavam a 33,92% das melhores soluções conhecidas para o problema serial. A combinação das regras MaxTasks1.8 e MinR encontrou as melhores soluções em média para $K_{Max} = 2$, enquanto que, para $K_{Max} = 3$, as regras MinRLB e MinD quando combinadas encontraram as melhores soluções em média.

As melhores soluções encontradas pela heurística C2 estavam, em média, a 31,59% das melhores soluções conhecidas para o ALWABP serial, para $K_{Max} = 2$, e a 32,32%, para $K_{Max} = 3$. Para $K_{Max} = 2$, a combinação das regras MaxTasks1.8 e MinR encontrou as melhores soluções em média, enquanto que, para $K_{Max} = 3$, as melhores soluções em média foram encontradas pela combinação das regras MinRLB e MinD.

Para a heurística CS, as melhores soluções encontradas estavam a 23,03% das melhores soluções para o problema serial, utilizando $K_{Max} = 2$, e a 23,60%, utilizando $K_{Max} = 3$. A regra MinR encontrou as melhores soluções em média, especialmente quando combinada com as regras MaxTasks3 (para $K_{Max} = 2$) e MaxTasksK (para $K_{Max} = 3$).

As melhores soluções encontradas pela heurística CW estavam, em média, a 21,36% das melhores soluções conhecidas para o ALWABP serial, para $K_{Max} = 2$, e a 23,14%, para $K_{Max} = 3$. As melhores soluções, em média, foram encontradas pela regra MinR, quando combinada com as regras MaxTasks1.8 (para $K_{Max} = 2$) e MaxTasksK (para $K_{Max} = 3$).

As tabelas 82, 83, 84 e 85 apresentam os resultados obtidos pelas heurísticas C1, C2, CS e CW, respectivamente, para a família Roszieg mod 1.

Tabela 78: Resultados da heurística C1 para a família Wee-mag

		$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$											
		MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				MaxTasks2				MaxTasks3			
	MaxTasks1	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD	87.98%	100.00%	638.01	77.48%	54.13%	100.00%	604.03	583.81	40.92%	556.16	42.06%	100.00%	597.44	55.33%	100.00%	586.58	98.75%	88.75%	686.58	70.38%	96.25%	825.61	41.42%	100.00%	848.08
MinR	90.50%	100.00%	642.14	81.15%	58.26%	100.00%	612.74	577.99	43.26%	562.98	40.37%	100.00%	586.33	47.94%	100.00%	650.93	100.00%	73.18%	650.93	67.48%	100.00%	816.14	44.22%	100.00%	887.26
MaxFTime	111.47%	100.00%	639.21	93.48%	72.80%	100.00%	590.25	537.86	58.03%	532.06	58.85%	100.00%	392.35	73.18%	100.00%	739.3	100.00%	73.18%	739.3	104.63%	98.73%	717.45	58.21%	100.00%	933.85
MaxFTime	112.48%	100.00%	792.69	90.86%	69.80%	100.00%	713.44	693.86	60.09%	683.44	60.73%	100.00%	754.84	73.03%	100.00%	903.45	100.00%	73.03%	903.45	95.92%	98.73%	1103.93	53.76%	100.00%	1042.25
MaxPWS+	209.17%	100.00%	1055.11	177.11%	140.36%	100.00%	955.38	140.36%	132.94%	100.00%	131.74%	100.00%	962.34	145.09%	100.00%	1098.7	100.00%	145.09%	1098.7	272.25%	100.00%	1300.09	128.85%	100.00%	1524.74
MaxPWS-	250.75%	100.00%	1267.33	222.66%	182.98%	100.00%	1194.41	1083.75	169.86%	1125.49	169.95%	100.00%	1188.6	145.09%	100.00%	1098.7	100.00%	145.09%	1098.7	272.25%	100.00%	1497.15	169.36%	100.00%	1982.54
		MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				MaxTasks2				MaxTasks3			
	MaxTasks1	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD	127.25%	100.00%	3514.95	122.11%	103.72%	100.00%	3446.36	3226.81	81.10%	3235.46	61.88%	100.00%	3093.63	51.97%	100.00%	3025.56	100.00%	86.91%	3025.56	69.80%	96.25%	4051.73	40.50%	100.00%	4144.11
MinR	128.46%	100.00%	3468.15	124.65%	114.27%	100.00%	3376.39	3278.95	91.15%	3175.55	61.88%	100.00%	3094.05	50.85%	100.00%	2923.89	100.00%	72.08%	2923.89	66.03%	100.00%	3903.09	43.44%	100.00%	4392.1
MaxFTime	159.59%	100.00%	3189.81	147.06%	123.49%	100.00%	3048.29	2784.39	103.76%	3223.43	80.96%	100.00%	2680.19	72.98%	100.00%	2727.11	100.00%	110.42%	2727.11	90.00%	98.73%	3916.06	58.26%	100.00%	4733.64
MaxFTime	162.25%	100.00%	3921.45	148.44%	134.46%	100.00%	3724.45	3378.43	98.72%	3223.43	80.96%	100.00%	3264.26	72.98%	100.00%	3393.69	100.00%	175.92%	3393.69	95.92%	98.73%	4887.3	53.49%	100.00%	7050.61
MaxPWS+	271.06%	100.00%	5056.74	258.49%	219.27%	100.00%	4942.91	4448.18	182.94%	4227.03	158.26%	100.00%	3968.76	145.87%	100.00%	4180.66	100.00%	145.87%	4180.66	160.50%	100.00%	5703.16	126.65%	100.00%	7050.61
MaxPWS-	314.13%	100.00%	5953.49	293.18%	263.12%	100.00%	5557.9	5448.55	233.62%	5302.46	200.00%	100.00%	4956.31	145.87%	100.00%	4180.66	100.00%	175.92%	4180.66	192.01%	100.00%	6694.98	167.16%	100.00%	9388.63

Tabela 79: Resultados da heurística C2 para a família Wee-mag

		$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$											
		MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				MaxTasks2				MaxTasks3			
	MaxTasks1	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD	93.03%	100.00%	667.79	81.79%	58.12%	100.00%	622.15	584.65	44.95%	580.35	41.85%	100.00%	588.88	43.35%	100.00%	601.23	100.00%	55.64%	601.23	42.98%	100.00%	599.86	42.11%	100.00%	853.14
MinR	93.58%	100.00%	662.26	84.50%	59.59%	100.00%	620.75	568.59	44.72%	560.99	43.85%	100.00%	584.39	43.38%	100.00%	593.4	100.00%	59.82%	593.4	43.90%	100.00%	600.61	43.03%	100.00%	885.34
MaxFTime	122.20%	100.00%	685.81	96.85%	74.27%	100.00%	591.7	534.88	59.40%	545.85	58.72%	100.00%	588.38	63.26%	100.00%	626.56	100.00%	74.72%	626.56	63.33%	100.00%	630.95	55.78%	100.00%	902.38
MaxFTime	119.50%	100.00%	833.01	95.32%	71.35%	100.00%	728.65	669.14	58.49%	670.41	58.85%	100.00%	736.74	61.38%	100.00%	756.13	100.00%	76.42%	756.13	61.74%	100.00%	756.54	52.98%	100.00%	1026.51
MaxPWS+	238.39%	100.00%	1180.88	187.34%	151.35%	100.00%	1001.01	920.78	133.62%	929.21	130.78%	100.00%	946.53	132.52%	100.00%	966.8	100.00%	132.52%	966.8	132.16%	100.00%	963.43	127.84%	100.00%	1508.71
MaxPWS-	283.44%	100.00%	1405.8	227.52%	186.10%	100.00%	1221	1076.23	173.21%	1142.71	164.13%	100.00%	1147.66	132.52%	100.00%	966.8	100.00%	132.02%	966.8	167.11%	100.00%	1197.65	168.21%	100.00%	1965.91
		MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				MaxTasks2				MaxTasks3			
	MaxTasks1	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD	145.05%	100.00%	3855.11	128.69%	115.09%	100.00%	3580.2	3338.94	86.24%	3290.55	64.27%	100.00%	3111.4	56.85%	100.00%	3059.94	100.00%	57.02%	3059.94	43.58%	100.00%	2951.64	41.51%	100.00%	4176.93
MinR	142.06%	100.00%	3738.18	131.61%	122.81%	100.00%	3585.01	3408.94	96.42%	3261.21	70.05%	100.00%	3156.29	57.84%	100.00%	3050.75	100.00%	57.61%	3050.75	44.27%	100.00%	2965.29	42.29%	100.00%	4364.3
MaxFTime	181.79%	100.00%	5397.39	157.67%	131.61%	100.00%	3290.1	2901.91	106.56%	2733.73	82.76%	100.00%	2675.14	75.18%	100.00%	2680.93	100.00%	74.30%	2680.93	63.99%	100.00%	2777.94	55.83%	100.00%	4208.11
MaxFTime	178.21%	100.00%	4313.98	157.57%	130.87%	100.00%	3912.64	3524.43	104.82%	3273.53	81.61%	100.00%	3193.14	73.49%	100.00%	3176.23	100.00%	75.64%	3176.23	61.83%	100.00%	3248.95	52.94%	100.00%	4670.58
MaxPWS+	300.32%	100.00%	5529.86	271.00%	223.62%	100.00%	5292.26	4410.09	190.87%	4243.56	163.26%	100.00%	4123	154.45%	100.00%	4051.16	100.00%	146.24%	4051.16	132.11%	100.00%	4096.03	125.55%	100.00%	6951.98
MaxPWS-	326.33%	100.00%	5824.63	308.85%	269.95%	100.00%	5726.43	5463.65	233.76%	5252.16	199.95%	100.00%	4805.43	154.45%	100.00%	4051.16	100.00%	146.24%	4051.16	168.53%	100.00%	5300.04	166.73%	100.00%	9383.99

Tabela 80: Resultados da heurística CS para a família Wee-mag

$K_{heur}=2$																						
		MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasks4		
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD		30.73%	100.00%	1253.59	30.73%	100.00%	1256.59	30.73%	100.00%	1250.93	30.73%	100.00%	1249.45	30.73%	100.00%	1256.48	30.73%	100.00%	1252.23	31.62%	100.00%	1275.86
MinR		30.05%	100.00%	1247.64	30.05%	100.00%	1247.3	30.05%	100.00%	1250.85	30.05%	100.00%	1253.69	30.05%	100.00%	1249.63	30.05%	100.00%	1250.81	31.47%	100.00%	1280.58
MaxCTime		44.31%	100.00%	1325.5	44.31%	100.00%	1324.78	44.31%	100.00%	1326.14	44.31%	100.00%	1325.56	44.31%	100.00%	1326.13	44.31%	100.00%	1321.81	45.99%	100.00%	1329.81
MaxCTime +		45.23%	100.00%	1655.43	45.23%	100.00%	1649.23	45.23%	100.00%	1654.49	45.23%	100.00%	1651.64	45.23%	100.00%	1655.73	45.23%	100.00%	1651.91	44.91%	100.00%	1588.35
MaxCVS-		151.83%	100.00%	2971.48	151.83%	100.00%	2978.08	151.83%	100.00%	2980.03	151.83%	100.00%	2974.5	151.83%	100.00%	2976.29	151.83%	100.00%	2214.03	112.20%	100.00%	4705.68
$K_{heur}=3$																						
		MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasks4					
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD		37.71%	100.00%	3363.23	37.71%	100.00%	3361.39	37.71%	100.00%	3364.43	37.71%	100.00%	3361.68	37.71%	100.00%	3361.44	37.71%	100.00%	3362.34	31.66%	100.00%	3224.86
MinR		36.28%	100.00%	3351.84	36.28%	100.00%	3351.88	36.28%	100.00%	3350.64	36.28%	100.00%	3350.56	36.28%	100.00%	3350.56	36.28%	100.00%	3350.61	30.88%	100.00%	3302.40
MaxCTime		51.19%	100.00%	3247.49	51.19%	100.00%	3249.29	51.19%	100.00%	3246.29	51.19%	100.00%	3247.58	51.19%	100.00%	3249.25	51.19%	100.00%	3248.63	44.04%	100.00%	3027.01
MaxCTime +		50.54%	100.00%	3919.66	50.54%	100.00%	3920.48	50.54%	100.00%	3919.86	50.54%	100.00%	3920.33	50.54%	100.00%	3920.26	50.54%	100.00%	3919.69	45.18%	100.00%	3061.48
MaxCVS-		159.86%	100.00%	6986.19	159.86%	100.00%	5110.14	159.86%	100.00%	5118.54	159.86%	100.00%	5118.84	159.86%	100.00%	5125.45	159.86%	100.00%	4924.85	115.64%	100.00%	6674.99
MaxTasks-		100.00%	100.00%	6986.19	100.00%	100.00%	6905.1	100.00%	100.00%	6914.31	100.00%	100.00%	6907.24	100.00%	100.00%	6917.45	100.00%	100.00%	6974.99	159.17%	100.00%	1151.58
$K_{heur}=4$																						
		MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasks4					
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD		37.71%	100.00%	3363.23	37.71%	100.00%	3361.39	37.71%	100.00%	3364.43	37.71%	100.00%	3361.68	37.71%	100.00%	3361.44	37.71%	100.00%	3362.34	31.66%	100.00%	3224.86
MinR		36.28%	100.00%	3351.84	36.28%	100.00%	3351.88	36.28%	100.00%	3350.64	36.28%	100.00%	3350.56	36.28%	100.00%	3350.56	36.28%	100.00%	3350.61	30.88%	100.00%	3302.40
MaxCTime		51.19%	100.00%	3247.49	51.19%	100.00%	3249.29	51.19%	100.00%	3246.29	51.19%	100.00%	3247.58	51.19%	100.00%	3249.25	51.19%	100.00%	3248.63	44.04%	100.00%	3027.01
MaxCTime +		50.54%	100.00%	3919.66	50.54%	100.00%	3920.48	50.54%	100.00%	3919.86	50.54%	100.00%	3920.33	50.54%	100.00%	3920.26	50.54%	100.00%	3919.69	45.18%	100.00%	3061.48
MaxCVS-		159.86%	100.00%	6986.19	159.86%	100.00%	5110.14	159.86%	100.00%	5118.54	159.86%	100.00%	5118.84	159.86%	100.00%	5125.45	159.86%	100.00%	4924.85	115.64%	100.00%	6674.99
MaxTasks-		100.00%	100.00%	6986.19	100.00%	100.00%	6905.1	100.00%	100.00%	6914.31	100.00%	100.00%	6907.24	100.00%	100.00%	6917.45	100.00%	100.00%	6974.99	159.17%	100.00%	1151.58
$K_{heur}=5$																						
		MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasks4					
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD		37.71%	100.00%	3363.23	37.71%	100.00%	3361.39	37.71%	100.00%	3364.43	37.71%	100.00%	3361.68	37.71%	100.00%	3361.44	37.71%	100.00%	3362.34	31.66%	100.00%	3224.86
MinR		36.28%	100.00%	3351.84	36.28%	100.00%	3351.88	36.28%	100.00%	3350.64	36.28%	100.00%	3350.56	36.28%	100.00%	3350.56	36.28%	100.00%	3350.61	30.88%	100.00%	3302.40
MaxCTime		51.19%	100.00%	3247.49	51.19%	100.00%	3249.29	51.19%	100.00%	3246.29	51.19%	100.00%	3247.58	51.19%	100.00%	3249.25	51.19%	100.00%	3248.63	44.04%	100.00%	3027.01
MaxCTime +		50.54%	100.00%	3919.66	50.54%	100.00%	3920.48	50.54%	100.00%	3919.86	50.54%	100.00%	3920.33	50.54%	100.00%	3920.26	50.54%	100.00%	3919.69	45.18%	100.00%	3061.48
MaxCVS-		159.86%	100.00%	6986.19	159.86%	100.00%	5110.14	159.86%	100.00%	5118.54	159.86%	100.00%	5118.84	159.86%	100.00%	5125.45	159.86%	100.00%	4924.85	115.64%	100.00%	6674.99
MaxTasks-		100.00%	100.00%	6986.19	100.00%	100.00%	6905.1	100.00%	100.00%	6914.31	100.00%	100.00%	6907.24	100.00%	100.00%	6917.45	100.00%	100.00%	6974.99	159.17%	100.00%	1151.58

Tabela 81: Resultados da heurística CW para a família Wee-mag

K _{heur} =2																									
		MaxTasks1.2						MaxTasks1.4						MaxTasks1.6						MaxTasks1.8					
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T						
MinD		34.50%	100.00%	1311.55	30.96%	100.00%	1408.18	30.00%	100.00%	1646.14	29.58%	98.75%	1779.64	30.12%	96.25%	1836.71	30.77%	91.25%	1852.25						
MinR		33.76%	100.00%	1285.71	31.70%	100.00%	1403.2	29.68%	100.00%	1622.35	29.34%	96.25%	1772.2	28.61%	95.00%	1811.13	29.74%	91.25%	1844.7						
MaxCTime		49.91%	100.00%	1427.89	45.78%	100.00%	1486.09	44.72%	100.00%	1692.76	44.69%	98.75%	1846.1	44.44%	97.50%	1939.96	45.81%	90.00%	1936.41						
MaxCTime +		48.55%	100.00%	1771.66	45.60%	100.00%	1867.28	44.31%	100.00%	2095.08	45.11%	97.50%	2272.35	46.07%	96.25%	2410.35	47.10%	92.50%	2523.15						
MaxCVS-		114.31%	100.00%	2432.39	110.55%	100.00%	2438.91	109.51%	97.50%	2679.79	108.90%	92.50%	2915.81	108.02%	87.50%	2984.29	109.91%	86.25%	3155.08						
MaxCVS+		116.71%	100.00%	3298.24	113.42%	98.75%	3291.28	151.26%	95.00%	3584.75	150.47%	93.75%	4002.45	150.31%	87.50%	4040.51	109.91%	86.25%	3155.08						
K _{heur} =3																									
		MaxTasks1.2						MaxTasks1.4						MaxTasks1.6						MaxTasks1.8					
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T						
MinD		46.97%	100.00%	3396.83	46.01%	100.00%	4081.51	42.48%	100.00%	4811.86	39.61%	98.75%	6079.28	37.85%	98.75%	7257.75	34.51%	92.50%	7763.23						
MinR		48.58%	100.00%	3385.7	46.33%	100.00%	3956.75	43.12%	100.00%	4537.56	39.50%	100.00%	5729.7	37.07%	98.75%	6902.88	33.74%	91.25%	7027.24						
MaxCTime		62.43%	100.00%	3765.24	60.90%	100.00%	3783.03	59.22%	100.00%	4405.34	56.13%	100.00%	6288.39	53.53%	100.00%	6346.04	49.38%	96.25%	7241.76						
MaxCTime +		59.54%	100.00%	4115.65	58.12%	100.00%	4392.04	56.24%	100.00%	5154.71	54.22%	100.00%	6261.58	52.18%	98.75%	7491.28	50.36%	97.50%	8964.95						
MaxCVS-		138.35%	100.00%	5391.56	133.44%	100.00%	5302.35	129.91%	100.00%	6907.16	125.31%	98.75%	8596.79	120.30%	97.50%	9826.61	113.05%	87.50%	10938.71						
MaxCVS+		176.93%	100.00%	7896.68	174.45%	100.00%	7963.75	172.57%	100.00%	9387.38	167.94%	100.00%	11088.25	161.22%	93.75%	12567.31	113.05%	87.50%	10938.71						
K _{heur} =4																									
		MaxTasks1.2						MaxTasks1.4						MaxTasks1.6						MaxTasks1.8					
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T						
MinD		46.97%	100.00%	3396.83	46.01%	100.00%	4081.51	42.48%	100.00%	4811.86	39.61%	98.75%	6079.28	37.85%	98.75%	7257.75	34.51%	92.50%	7763.23						
MinR		48.58%	100.00%	3385.7	46.33%	100.00%	3956.75	43.12%	100.00%	4537.56	39.50%	100.00%	5729.7	37.07%	98.75%	6902.88	33.74%	91.25%	7027.24						
MaxCTime		62.43%	100.00%	3765.24	60.90%	100.00%	3783.03	59.22%	100.00%	4405.34	56.13%	100.00%	6288.39	53.53%	100.00%	6346.04	49.38%	96.25%	7241.76						
MaxCTime +		59.54%	100.00%	4115.65	58.12%	100.00%	4392.04	56.24%	100.00%	5154.71	54.22%	100.00%	6261.58	52.18%	98.75%	7491.28	50.36%	97.50%	8964.95						
MaxCVS-		138.35%	100.00%	5391.56	133.44%	100.00%	5302.35	129.91%	100.00%	6907.16	125.31%	98.75%	8596.79	120.30%	97.50%	9826.61	113.05%	87.50%	10938.71						
MaxCVS+		176.93%	100.00%	7896.68	174.45%	100.00%	7963.75	172.57%	100.00%	9387.38	167.94%	100.00%	11088.25	161.22%	93.75%	12567.31	113.05%	87.50%	10938.71						
K _{heur} =5																									
		MaxTasks1.2						MaxTasks1.4						MaxTasks1.6						MaxTasks1.8					
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T						
MinD		46.97%	100.00%	3396.83	46.01%	100.00%	4081.51	42.48%	100.00%	4811.86	39.61%	98.75%	6079.28	37.85%	98.75%	7257.75	34.51%	92.50%	7763.23						
MinR		48.58%	100.00%	3385.7	46.33%	100.00%	3956.75	43.12%	100.00%	4537.56	39.50%	100.00%	5729.7	37.07%	98.75%	6902.88	33.74%	91.25%	7027.24						
MaxCTime		62.43%	100.00%	3765.24	60.90%	100.00%	3783.03	59.22%	100.00%	4405.34	56.13%	100.00%	6288.39	53.53%	100.00%	6346.04	49.38%	96.25%	7241.76						
MaxCTime +		59.54%	100.00%	4115.65	58.12%	100.00%	4392.04	56.24%	100.00%	5154.71	54.22%	100.00%	6261.58	52.18%	98.75%	7491.28	50.36%	97.50%	8964.95						
MaxCVS-		138.35%	100.00%	5391.56	133.44%	100.00%	5302.35	129.91%	100.00%	6907.16	125.31%	98.75%	8596.79	120.30%	97.50%	9826.61	113.05%	87.50%	10938.71						
MaxCVS+		176.93%	100.00%	7896.68	174.45%	100.00%	7963.75	172.57%	100.00%	9387.38	167.94%	100.00%	11088.25	161.22%	93.75%	12567.31	113.05%	87.50%	10938.71						
K _{heur} =6																									
		MaxTasks1.2						MaxTasks1.4						MaxTasks1.6						MaxTasks1.8					
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T						
MinD		46.97%	100.00%	3396.83	46.01%	100.00%	4081.51	42.48%	100.00%	4811.86	39.61%	98.75%	6079.28	37.85%	98.75%	7257.75	34.51%	92.50%	7763.23						
MinR		48.58%	100.00%	3385.7	46.33%	100.00%	3956.75	43.12%	100.00%	4537.56	39.50%	100.00%	5729.7	37.07%	98.75%	6902.88	33.74%	91.25%	7027.24						
MaxCTime		62.43%	100.00%	3765.24	60.90%	100.00%	3783.03	59.22%	100.00%	4405.34	56.13%	100.00%	6288.39	53.53%	100.00%	6346.04	49.38%	96.25%	7241.76						
MaxCTime +		59.54%	100.00%	4115.65	58.12%	100.00%	4392.04	56.24%	100.00%	5154.71	54.22%	100.00%	6261.58	52.18%	98.75%	7491.28	50.36%	97.50%	8964.95						
MaxCVS-		138.35%	100.00%	5391.56	133.44%	100.00%	5302.35	129.91%	100.00%	6907.16	125.31%	98.75%	8596.79	120.30%	97.50%	9826.61	113.05%	87.50%	10938.71						
MaxCVS+		176.93%	100.00%	7896.68	174.45%	100.00%	7963.75	172.57%	100.00%	9387.38	167.94%	100.00%	11088.25	161.22%	93.75%	12567.31	113.05%	87.50%	10938.71						
K _{heur} =7																									
		MaxTasks1.2						MaxTasks1.4						MaxTasks1.6						MaxTasks1.8					
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T						
MinD		46.97%	100.00%	3396.83	46.01%	100.00%	4081.51	42.48%	100.00%	4811.86	39.61%	98.75%	6079.28	37.85%	98.75%	7257.75	34.51%	92.50%	7763.23						
MinR		48.58%	100.00%	3385.7	46.33%	100.00%	3956.75	43.12%	100.00%	4537.56	39.50%	100.00%	5729.7	37.07%	98.75%	6902.88	33.74%	91.25%	7027.24						
MaxCTime		62.43%	100.00%	3765.24	60.90%	100.00%	3783.03	59.22%	100.00%	4405.34	56.13%	100.00%	6288.39	53.53%	100.00%	6346.04	49.38%	96.25%	7241.76						
MaxCTime +		59.54%	100.00%	4115.65	58.12%	100.00%	4392.04	56.24%	100.00%	5154.71	54.22%	100.00%	6261.58	52.18%	98.75%	7491.28	50.36%	97.50%	8964.95						
MaxCVS-		138.35%	100.00%	5391.56	133.44%	100.00%	5302.35	129.91%	100.00%	6907.16	125.31%	98.75%	8596.79	120.30%	97.50%	9826.61	113.05%	87.50%	10938.71						
MaxCVS+		176.93%	100.00%	7896.68	174.45%	100.00%	7963.75	172.57%	100.00%	9387.38	167.94%	100.00%	11088.25	161.22%	93.75%	12567.31	113.05%	87.50%	10938.71						
K _{heur} =8																									
		MaxTasks1.2						MaxTasks1.4						MaxTasks1.6						MaxTasks1.8					
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T						
MinD		46.97%	100.00%	3396.83	46.01%	100.00%	4081.51	42.48%	100.00%	4811.86	39.61%	98.75%	6079.28	37.85%	98.75%	7257.75	34.51%	92.50%	7763.23						
MinR		48.58%	100.00%	3385.7	46.33%	100.00%	3956.75	43.12%	100.00%	4537.56	39.50%	100.00%	5729.7	37.07%	98.75%	6902.88	33.74%	91.25%	7027.24						
MaxCTime		62.43%	100.00%	3765.24	60.90%	100.00%	3783.03	59.22%	100.00%	4405.34	56.13%	100.00%	6288.39	53.53%	100.00%	6346.04	49.38%	96.25%	7241.76						
MaxCTime +		59.54%	100.00%	4115.65	58.12%	100.00%	4392.04	56.24%	100.00%	5154.71	54.22%	100.00%	6261.58	52.18%	98.75%	7491.28	50.36%	97.50%	8964.95						
MaxCVS-		138.35%	100.00%	5391.56	133.44%	100.00%	5302.35	129.91%	100.00%	6907.16	125.31%	98.75%	8596.79	120.30%	97.50%	9826.61	113.05%	87.50%	10938.71						
MaxCVS+		176.93%	100.00%	7896.68	174.45%	100.00%	7963.75	172.57%	100.00%	9387.38	167.94%	100.00%	11088.25	161.22%	93.75%	12567.31	113.05%	87.50%	10938.71						
K _{heur} =9																									
		MaxTasks1.2						MaxTasks1.4						MaxTasks1.6						MaxTasks1.8					
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T						
MinD		46.97%	100.00%	3396.83	46.01%	100.00%	4081.51	42.48%	100.00%	4811.86	39.61%	98.75%	6079.28	37.85%	98.75%	7257.75	34.51%	92.50%	7763.23						
MinR		48.58%	100.00%	3385.7	46.33%	100.00%	3956.75	43.12%	100.00%	4537.56	39.50%	100.00%	5729.7	37.07%	98.75%	6902.88	33.74%	91.25%	7027.24						
MaxCTime		62.43%	100.00%	3765.24	60.90%	100.00%	3783.03	59.22%	100.00%	4405.34	56.13%	100.00%	6288.39	53.53%	100.00%	6346.04	49.38%	96.25%	7241.76						
MaxCTime +		59.54%	100.00%	4115.65	58.12%	100.00%	4392.04	56.24%	100.00%	5154.71	54.22%	100.00%	6261.58	52.18%	98.75%	7491.28	50.36%	97.50%	8964.95						
MaxCVS-		138.35%	100.00%	5391.56	133.44%	100.00%	5302.35	129.91%	100.00%	6907.16	125.31%	98.75%	8596.79	120.30%	97.50%	9826.61	113.05%	87.50%	10938.71						
MaxCVS+		176.93%	100.00%	7896.68	174.45%	100.00%	7963.75	172.57%	100.00%	9387.38	167.94%	100.00%	11088.25	161.22%	93.75%	12567.31	113.05%	87.50%	10938.71						
K _{heur} =10																									
		MaxTasks1.2						MaxTasks1.4						MaxTasks1.6						MaxTasks1.8					
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T						
MinD		46.97%	100.00%	3396.83	46.01%	100.00%	4081.51	42.48%	100.00%	4811.86	39.61%	98.75%	6079.28	37.85%	98.75%	7257.75	34.51%	92.50%	7763.23						
MinR		48.58%	100.00%	3385.7	46.33%	100.00%	3956.75	43.12%	100.00%	4537.56	39.50%	100.00%	5729.7	37.07%	98.75%	6902.88	33.74%	91.25%	7027.24						
MaxCTime																									

Tabela 82: Resultados da heurística C1 para a família Roszieg mod 1

		$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$															
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB			
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	
MinD		27.14%	100.00%	6.88	18.09%	100.00%	5.1	15.57%	100.00%	4.3	23.59%	95.00%	7.26	23.37%	72.50%	5.93	27.42%	52.50%	7.05	38.05%	22.50%	13.78	31.56%	45.00%	10.22	8.48%	100.00%	6.78	
MinR		26.89%	100.00%	4.1	17.93%	100.00%	5.5	16.06%	100.00%	5.7	25.20%	95.00%	5.32	30.14%	75.00%	8.73	24.88%	50.00%	9.9	40.75%	22.50%	13.78	31.56%	42.50%	5.35	8.15%	100.00%	5.93	
MaxIFTime		25.10%	100.00%	6.08	19.56%	100.00%	6.95	18.99%	100.00%	5	22.69%	95.00%	7.79	26.30%	72.50%	72.50%	9.62	39.42%	50.00%	12.2	56.01%	25.00%	15.6	45.90%	42.50%	12.35	11.57%	100.00%	7.78
MaxFTime		27.30%	100.00%	6.55	18.17%	100.00%	3.48	17.77%	100.00%	8.9	23.53%	97.50%	6.72	21.72%	65.00%	6.92	32.04%	55.00%	7.59	53.59%	22.50%	13.78	37.52%	45.00%	11.61	10.19%	100.00%	7.03	
MaxPWS+		23.80%	100.00%	4.55	16.71%	100.00%	4.78	16.06%	100.00%	7.8	22.78%	97.50%	4.41	23.37%	70.00%	10.57	38.82%	60.00%	8.92	60.93%	25.00%	12.4	33.33%	47.50%	8.79	10.27%	100.00%	5.83	
MaxPWS-		23.23%	100.00%	5	15.89%	100.00%	4.18	16.22%	100.00%	5.9	21.52%	97.50%	7.74	20.62%	75.00%	5.13	38.68%	60.00%	7.79	60.93%	25.00%	13.4	33.16%	47.50%	9.53	10.02%	100.00%	8.9	
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB			
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	
MinD		34.72%	100.00%	7.4	26.49%	100.00%	7.43	22.33%	100.00%	7.43	27.77%	95.00%	9.92	31.50%	77.50%	9.42	34.63%	57.50%	10.3	41.30%	25.00%	18.7	32.02%	45.00%	12.89	8.39%	100.00%	11.75	
MinR		35.70%	100.00%	7.88	26.00%	100.00%	8.95	21.35%	100.00%	5.83	27.52%	95.00%	8.68	33.03%	77.50%	12.97	33.52%	57.50%	13.52	43.82%	25.00%	13.9	31.37%	42.50%	11.12	8.07%	100.00%	8.18	
MaxIFTime		35.45%	100.00%	9.8	29.01%	100.00%	9	27.30%	100.00%	8.58	27.83%	92.50%	11.32	32.90%	80.00%	12.19	45.97%	55.00%	14.05	58.29%	27.50%	22.82	45.90%	42.50%	16.65	11.49%	100.00%	10.83	
MaxFTime		36.35%	100.00%	8.6	27.06%	100.00%	10.18	21.11%	97.50%	7.13	26.87%	95.00%	9.08	29.63%	75.00%	11.37	44.28%	62.50%	15.6	56.27%	25.00%	22	37.52%	45.00%	13	10.11%	100.00%	11.35	
MaxPWS+		31.21%	100.00%	7.73	24.29%	100.00%	8.25	22.82%	100.00%	6.6	27.64%	97.50%	10.85	31.51%	82.50%	10.39	40.61%	62.50%	12.48	63.16%	27.50%	14.27	33.33%	47.50%	11.42	10.19%	100.00%	8.2	
MaxPWS-		30.48%	100.00%	7.88	23.47%	100.00%	5.45	22.25%	100.00%	8.98	26.72%	97.50%	9.54	27.17%	77.50%	8.1	39.70%	60.00%	13	60.93%	25.00%	17	33.16%	47.50%	10.79	9.94%	100.00%	8.98	

Tabela 83: Resultados da heurística C2 para a família Roszieg mod 1

		$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$														
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB		
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
	MinD	35.37%	100.00%	6.25	17.11%	100.00%	5.08	14.75%	100.00%	5.5	20.54%	100.00%	4.98	43.44%	100.00%	13.38	54.69%	100.00%	11.33	101.71%	100.00%	17.53	54.69%	100.00%	9.7	6.76%	100.00%	4.3
	MinR	36.59%	100.00%	5.88	16.71%	100.00%	3.88	15.32%	100.00%	6.28	21.92%	100.00%	6.65	41.89%	100.00%	10.58	53.55%	100.00%	11	98.37%	100.00%	16.3	53.55%	100.00%	11.98	6.68%	100.00%	5.83
	MaxIFTime	36.43%	100.00%	6.23	20.13%	100.00%	6.75	17.28%	100.00%	6.25	23.63%	100.00%	9.63	43.28%	100.00%	9.8	58.52%	100.00%	12.4	103.67%	100.00%	20.75	58.52%	100.00%	14.05	9.13%	100.00%	8.53
	MaxFTime	36.10%	100.00%	9.33	18.09%	100.00%	4.28	16.22%	100.00%	6.18	21.68%	100.00%	7.4	49.47%	100.00%	10.2	56.81%	100.00%	12.88	105.54%	100.00%	19.18	56.81%	100.00%	13.35	8.88%	100.00%	6.98
	MaxPWS+	33.09%	100.00%	5.8	16.79%	100.00%	6.58	16.06%	100.00%	3.53	21.11%	100.00%	7.4	49.80%	100.00%	10.55	56.81%	100.00%	10.5	94.62%	100.00%	15.7	56.81%	100.00%	11.33	8.07%	100.00%	5.8
	MaxPWS-	33.50%	100.00%	6.28	15.48%	100.00%	5.88	15.65%	100.00%	2.73	20.29%	100.00%	8.5	45.15%	100.00%	9.38	56.64%	100.00%	11.68	94.38%	100.00%	16.03	56.64%	100.00%	11.75	7.74%	100.00%	5.9
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB		
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
	MinD	55.66%	100.00%	10.55	50.29%	100.00%	8.98	43.85%	100.00%	11.63	44.91%	100.00%	11.78	57.29%	100.00%	13.2	63.33%	100.00%	16.35	99.02%	100.00%	23.43	54.69%	100.00%	13.68	6.68%	100.00%	8.58
	MinR	55.75%	100.00%	12.03	48.66%	100.00%	10.9	43.11%	100.00%	10.15	48.25%	100.00%	11.78	57.38%	100.00%	15.58	59.90%	100.00%	13.93	93.07%	100.00%	22.85	53.55%	100.00%	16.03	6.60%	100.00%	9.78
	MaxIFTime	60.15%	100.00%	11.73	53.38%	100.00%	13.68	48.08%	100.00%	12.78	50.94%	100.00%	13.28	65.53%	100.00%	19.95	70.33%	100.00%	20.3	98.13%	100.00%	28.85	58.52%	100.00%	17.48	9.05%	100.00%	7.4
	MaxFTime	60.07%	100.00%	11.38	54.20%	100.00%	12.33	46.45%	100.00%	11.43	50.12%	100.00%	13.63	62.18%	100.00%	17.08	67.97%	100.00%	20.68	99.51%	100.00%	26.58	56.81%	100.00%	18.33	8.80%	100.00%	10.25
	MaxPWS+	56.32%	100.00%	11.25	47.27%	100.00%	8.13	42.79%	100.00%	11.33	42.38%	100.00%	11.3	60.88%	100.00%	14.43	67.32%	100.00%	16.8	92.01%	100.00%	22.3	56.81%	100.00%	15.15	7.99%	100.00%	9.8
	MaxPWS-	55.50%	100.00%	9.75	47.03%	100.00%	9.03	41.56%	100.00%	10.43	40.91%	100.00%	11.48	63.41%	100.00%	15.5	63.81%	100.00%	14.38	92.42%	100.00%	23.38	56.64%	100.00%	15.63	7.66%	100.00%	8.2

Tabela 84: Resultados da heurística CS para a família Roszieg mod 1

		$K_{Max}=2$																$K_{Max}=3$			
		MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8			
		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
MinD	7.74%	100.00%	4.53	7.74%	100.00%	7.78	7.74%	100.00%	7.38	7.74%	100.00%	5.98	7.74%	100.00%	5.98	7.74%	100.00%	7.38	7.74%	100.00%	6.4
MinR	8.48%	100.00%	7.88	8.48%	100.00%	5.85	8.48%	100.00%	6.58	8.48%	100.00%	7.7	8.48%	100.00%	5.05	8.48%	100.00%	8.05	8.48%	100.00%	7.45
MaxFTime	12.06%	100.00%	9.73	12.06%	100.00%	7	12.06%	100.00%	9.4	12.06%	100.00%	8.63	12.06%	100.00%	8.53	12.06%	100.00%	8.95	12.06%	100.00%	9.68
MaxFTime	11.00%	100.00%	6.98	11.00%	100.00%	9.4	11.00%	100.00%	6.95	11.00%	100.00%	9.3	11.00%	100.00%	9.85	11.00%	100.00%	8.58	11.17%	100.00%	6.63
MaxPVS+	9.78%	100.00%	8.98	9.78%	100.00%	6.25	9.78%	100.00%	6.2	9.78%	100.00%	6.7	9.78%	100.00%	8.95	9.78%	100.00%	8.25	9.78%	100.00%	7.4
MaxPVS-	7.99%	100.00%	5.9	7.99%	100.00%	8.5	7.99%	100.00%	6.53	7.99%	100.00%	7.83	7.99%	100.00%	7.08	7.99%	100.00%	6.98	7.99%	100.00%	7.05
		$K_{Max}=2$																$K_{Max}=3$			
		MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8			
		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
MinD	15.40%	100.00%	9.23	15.40%	100.00%	4.7	15.40%	100.00%	9	15.40%	100.00%	7.85	15.40%	100.00%	7.78	15.40%	100.00%	8.35	15.40%	100.00%	6.88
MinR	15.24%	100.00%	8.05	15.24%	100.00%	7.83	15.24%	100.00%	9.03	15.24%	100.00%	5.88	15.24%	100.00%	9.35	15.24%	100.00%	8.23	15.24%	100.00%	6.65
MaxFTime	18.74%	100.00%	10.03	18.74%	100.00%	9.45	18.74%	100.00%	10.08	18.74%	100.00%	7.05	18.74%	100.00%	10.53	18.74%	100.00%	9.8	18.74%	100.00%	8.98
MaxFTime	16.95%	100.00%	7.4	16.95%	100.00%	9.75	16.95%	100.00%	8.6	16.95%	100.00%	8.58	16.95%	100.00%	8.9	16.95%	100.00%	6.93	16.95%	100.00%	10.65
MaxPVS+	15.97%	100.00%	7.35	15.97%	100.00%	7.4	15.97%	100.00%	7.83	15.97%	100.00%	7.83	15.97%	100.00%	7.4	15.97%	100.00%	8.3	15.97%	100.00%	9.38
MaxPVS-	15.16%	100.00%	5.4	15.16%	100.00%	8.2	15.16%	100.00%	9.75	15.16%	100.00%	5.45	15.16%	100.00%	8.1	15.16%	100.00%	7	15.16%	100.00%	7.38
		$K_{Max}=2$																$K_{Max}=3$			
		MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8			
		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
MinD	13.40%	100.00%	9.23	13.40%	100.00%	4.7	13.40%	100.00%	9	13.40%	100.00%	7.85	13.40%	100.00%	7.78	13.40%	100.00%	8.35	13.40%	100.00%	6.88
MinR	13.24%	100.00%	8.05	13.24%	100.00%	7.83	13.24%	100.00%	9.03	13.24%	100.00%	5.88	13.24%	100.00%	9.35	13.24%	100.00%	8.23	13.24%	100.00%	6.65
MaxFTime	18.74%	100.00%	10.03	18.74%	100.00%	9.45	18.74%	100.00%	10.08	18.74%	100.00%	7.05	18.74%	100.00%	10.53	18.74%	100.00%	9.8	18.74%	100.00%	8.98
MaxFTime	16.95%	100.00%	7.4	16.95%	100.00%	9.75	16.95%	100.00%	8.6	16.95%	100.00%	8.58	16.95%	100.00%	8.9	16.95%	100.00%	6.93	16.95%	100.00%	10.65
MaxPVS+	15.97%	100.00%	7.35	15.97%	100.00%	7.4	15.97%	100.00%	7.83	15.97%	100.00%	7.83	15.97%	100.00%	7.4	15.97%	100.00%	8.3	15.97%	100.00%	9.38
MaxPVS-	15.16%	100.00%	5.4	15.16%	100.00%	8.2	15.16%	100.00%	9.75	15.16%	100.00%	5.45	15.16%	100.00%	8.1	15.16%	100.00%	7	15.16%	100.00%	7.38

Tabela 85: Resultados da heurística CW para a família Roszieg mod 1

		$K_{Max}=2$																$K_{Max}=3$			
		MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8			
		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
MinD	11.82%	100.00%	10.55	9.85%	90.00%	11.36	6.61%	82.50%	11.42	4.56%	70.00%	12.75	0.72%	62.50%	12.4	1.79%	57.50%	14.87	4.10%	57.50%	13.52
MinR	11.49%	100.00%	11	9.49%	90.00%	11.69	6.14%	80.00%	13.69	4.71%	70.00%	11.57	2.46%	65.00%	10.85	2.41%	62.50%	14.84	3.98%	60.00%	13.04
MaxFTime	12.80%	100.00%	13.3	10.83%	90.00%	13	9.71%	87.50%	14.6	9.70%	77.50%	14.68	5.88%	70.00%	15.61	4.38%	67.50%	16.7	8.20%	62.50%	16.88
MaxFTime	12.71%	100.00%	11.33	10.51%	90.00%	12.06	9.31%	85.00%	14.24	8.44%	77.50%	14.19	3.51%	67.50%	16.04	2.40%	65.00%	13.96	5.07%	65.00%	17.27
MaxPVS+	11.61%	97.50%	10.72	10.65%	95.00%	11.45	7.46%	77.50%	12.16	4.50%	75.00%	10.2	3.04%	65.00%	12.08	2.40%	62.50%	13.72	3.88%	62.50%	13.88
MaxPVS-	11.03%	97.50%	10.46	10.06%	95.00%	11.5	7.51%	80.00%	12.56	5.25%	77.50%	11.68	3.94%	67.50%	11.56	3.49%	67.50%	13.85	5.85%	67.50%	14.44
		$K_{Max}=3$																$K_{Max}=3$			
		MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8			
		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
MinD	23.47%	100.00%	19.63	20.71%	95.00%	17.66	11.36%	85.00%	19.26	7.64%	72.50%	17.21	5.57%	67.50%	17.85	3.87%	60.00%	19.38	3.69%	55.00%	18.59
MinR	23.15%	100.00%	18.33	20.40%	92.50%	17.27	13.19%	82.50%	17.61	9.11%	72.50%	19.86	6.87%	70.00%	17.89	5.29%	65.00%	20.42	7.99%	57.50%	21.04
MaxFTime	30.40%	100.00%	24.18	28.06%	95.00%	23.45	18.53%	87.50%	22.83	14.09%	77.50%	20.87	12.24%	67.50%	24.33	10.25%	62.50%	26.04	17.91%	60.00%	25.33
MaxFTime	25.43%	100.00%	21.95	24.53%	92.50%	20.59	16.44%	87.50%	22.2	11.62%	77.50%	19.68	9.97%	70.00%	20.17	4.69%	62.50%	19.28	4.65%	62.50%	22.92
MaxPVS+	24.21%	97.50%	18.08	22.82%	92.50%	19.76	11.57%	80.00%	16.31	8.79%	75.00%	16.97	6.46%	70.00%	21.08	3.98%	65.00%	17.38	3.60%	62.50%	20.6
MaxPVS-	23.80%	97.50%	18.95	22.04%	92.50%	20.24	12.41%	80.00%	18.88	8.89%	77.50%	17.68	7.17%	72.50%	17.24	4.72%	67.50%	20.48	5.41%	65.00%	18.88
		$K_{Max}=3$																$K_{Max}=3$			
		MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8			
		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
MinD	23.47%	100.00%	19.63	20.71%	95.00%	17.66	11.36%	85.00%	19.26	7.64%	72.50%	17.21	5.57%	67.50%	17.85	3.87%	60.00%	19.38	3.69%	55.00%	18.59
MinR	23.15%	100.00%	18.33	20.40%	92.50%	17.27	13.19%	82.50%	17.61	9.11%	72.50%	19.86	6.87%	70.00%	17.89	5.29%	65.00%	20.42	7.99%	57.50%	21.04
MaxFTime	30.40%	100.00%	24.18	28.06%	95.00%	23.45	18.53%	87.50%	22.83	14.09%	77.50%	20.87	12.24%	67.50%	24.33	10.25%	62.50%	26.04	17.91%	60.00%	25.33
MaxFTime	25.43%	100.00%	21.95	24.53%	92.50%	20.59	16.44%	87.50%	22.2	11.62%	77.50%	19.68	9.97%	70.00%	20.17	4.69%	62.50%	19.28	4.65%	62.50%	22.92
MaxPVS+	24.21%	97.50%	18.08	22.82%	92.50%	19.76	11.57%	80.00%	16.31	8.79%	75.00%	16.97	6.46%	70.00%	21.08	3.98%	65.00%	17.38	3.60%	62.50%	20.6
MaxPVS-	23.80%	97.50%	18.95	22.04%	92.50%	20.24	12.41%	80.00%	18.88	8.89%	77.50%	17.68	7.17%	72.50%	17.24	4.72%	67.50%	20.48	5.41%	65.00%	18.88

As melhores soluções encontradas pela heurística C1 para a família Roszieg mod 1 estavam, em média, a 9,03% das soluções ótimas para o ALWABP serial, utilizando $K_{Max} = 2$, e a 9,22%, utilizando $K_{Max} = 3$. Algumas combinações de regras não conseguiram encontrar soluções para todas as instâncias, porém todas as instâncias foram resolvidas por pelo menos uma regra. Em seis instâncias, esta heurística conseguiu encontrar soluções melhores que as soluções ótimas das respectivas instâncias para o problema serial, sendo que em duas delas ocorreu uma redução de 50% no tempo de execução. A combinação das regras MinRLB e MinR conseguiu resolver todas as instâncias e encontrou as melhores soluções, em média, tanto para $K_{Max} = 2$ quanto para $K_{Max} = 3$.

A diferença entre as melhores soluções encontradas pela heurística C2 e as soluções ótimas para o problema serial, em média, era de 8,95% para $K_{Max} = 2$ e 9,28% para $K_{Max} = 3$. Esta heurística encontrou soluções para todas as instâncias utilizando todas as combinações de regras, sendo que em seis instâncias os tempos de ciclo das melhores soluções encontradas eram menores que os tempos de ciclo das soluções ótimas das respectivas instâncias para o ALWABP serial. As regras MinRLB e MinR, quando combinadas, apresentaram as melhores soluções, em média, para ambos os valores de K_{Max} .

Para a heurística CS, as melhores soluções encontradas estavam, em média, a 8,15% das soluções ótimas do problema serial, para $K_{Max} = 2$, e a 9,91%, para $K_{Max} = 3$. Cinco instâncias apresentaram soluções melhores do que as soluções ótimas para o ALWABP serial. A combinação das regras MinRLB e MinR apresentou as melhores soluções, em média.

As melhores soluções encontradas pela heurística CW eram, em média, 1,02% melhores que as soluções ótimas do problema serial, para $K_{Max} = 2$, e 1,05% melhores para $K_{Max} = 3$. Em seis instâncias as melhores soluções encontradas possuíam tempo de ciclo menor do que as soluções ótimas para as respectivas instâncias para o problema serial. A combinação das regras MinRLB e MinD encontrou as melhores soluções, em média.

Os resultados das heurísticas C1, C2, CS e CW para a família Roszieg mod 2 podem ser vistos, respectivamente, nas tabelas 86, 87, 88 e 89.

Para a família Roszieg mod 2, a heurística C1 conseguiu encontrar soluções para todas as instâncias, apesar de que algumas combinações de critérios não conseguiram resolver algumas instâncias. A diferença entre as melhores soluções encontradas e as soluções ótimas para o problema serial foi de 18,8% para $K_{Max} = 2$ e de 20,67% para $K_{Max} = 3$. As melhores soluções, em média, foram encontradas pela combinação das regras MinRLB e MinR.

Tabela 86: Resultados da heurística C1 para a família Rosznieg Mod 2

		$K_{Max}=2$																							
		MaxTasks1						MaxTasks1.2						MaxTasks1.4						MaxTasks1.6					
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD		36.73%	100.00%	6.23	30.68%	100.00%	8.23	30.24%	100.00%	6.7	33.57%	97.50%	7.56	35.22%	95.00%	10.63	46.34%	80.00%	9.84	63.01%	40.00%	11.38	54.72%	60.00%	12.33
MinR		41.32%	100.00%	8.25	34.60%	100.00%	4.7	33.15%	100.00%	8.55	31.32%	97.50%	7.62	34.44%	92.50%	8.89	45.80%	80.00%	12.03	68.00%	42.50%	11.06	58.31%	70.00%	11.14
MaxFTime		47.70%	100.00%	10.18	35.05%	100.00%	7.85	32.59%	100.00%	8.15	30.41%	97.50%	8.31	33.25%	92.50%	11.81	49.16%	80.00%	13.25	83.87%	42.50%	16.38	56.89%	65.00%	12.62
MaxFTime		46.14%	100.00%	9.38	35.27%	100.00%	7.03	33.93%	100.00%	8.6	35.04%	97.50%	7.62	37.20%	90.00%	12.97	48.40%	80.00%	10.25	74.66%	42.50%	13.59	51.14%	65.00%	13.19
MaxPVS+		40.31%	100.00%	8.25	31.69%	100.00%	5.08	28.78%	100.00%	7.78	32.95%	97.50%	8.03	39.64%	95.00%	8.63	51.98%	85.00%	10.56	68.79%	40.00%	10.69	60.22%	72.50%	12.38
MaxPVS-		38.86%	100.00%	6.65	30.24%	100.00%	5.43	29.00%	100.00%	9.28	32.26%	97.50%	5.26	39.88%	95.00%	9.45	55.09%	87.50%	10.66	76.55%	42.50%	12.88	63.51%	72.50%	12.9
		$K_{Max}=3$																							
		MaxTasks1						MaxTasks1.2						MaxTasks1.4						MaxTasks1.6					
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD		60.92%	100.00%	13.73	54.31%	100.00%	14.43	47.48%	100.00%	12.58	45.24%	100.00%	13.93	46.22%	97.50%	16.38	51.45%	87.50%	18	62.53%	45.00%	21.06	54.72%	60.00%	20.13
MinR		60.69%	100.00%	14.13	57.45%	100.00%	13.53	52.30%	100.00%	15.33	45.80%	100.00%	11.95	49.05%	100.00%	16.1	53.41%	92.50%	16.05	66.98%	47.50%	22.05	58.31%	70.00%	20.61
MaxFTime		63.05%	100.00%	14.05	57.78%	100.00%	16.08	50.84%	100.00%	15.6	43.32%	97.50%	14.41	43.03%	95.00%	15.97	53.34%	87.50%	20.97	72.40%	42.50%	25.53	56.89%	65.00%	20.42
MaxFTime		59.69%	100.00%	16.05	50.01%	100.00%	14.13	50.17%	100.00%	12.73	48.52%	100.00%	16.5	47.47%	97.50%	15.44	53.54%	85.00%	19.24	66.49%	45.00%	24.11	51.14%	65.00%	18.77
MaxPVS+		53.64%	100.00%	12.18	49.27%	100.00%	13.2	43.00%	100.00%	10.2	44.79%	100.00%	12.88	43.55%	97.50%	14.36	52.68%	90.00%	17.75	69.09%	50.00%	20.9	60.22%	72.50%	18.83
MaxPVS-		51.29%	100.00%	11	47.03%	100.00%	10.13	40.09%	100.00%	10.93	44.12%	100.00%	13.25	44.82%	97.50%	16.36	58.78%	95.00%	16.79	73.81%	47.50%	23.74	63.51%	72.50%	20.45
		$K_{Max}=4$																							
		MaxTasks1						MaxTasks1.2						MaxTasks1.4						MaxTasks1.6					
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
MinD		60.92%	100.00%	13.73	54.31%	100.00%	14.43	47.48%	100.00%	12.58	45.24%	100.00%	13.93	46.22%	97.50%	16.38	51.45%	87.50%	18	62.53%	45.00%	21.06	54.72%	60.00%	20.13
MinR		60.69%	100.00%	14.13	57.45%	100.00%	13.53	52.30%	100.00%	15.33	45.80%	100.00%	11.95	49.05%	100.00%	16.1	53.41%	92.50%	16.05	66.98%	47.50%	22.05	58.31%	70.00%	20.61
MaxFTime		63.05%	100.00%	14.05	57.78%	100.00%	16.08	50.84%	100.00%	15.6	43.32%	97.50%	14.41	43.03%	95.00%	15.97	53.34%	87.50%	20.97	72.40%	42.50%	25.53	56.89%	65.00%	20.42
MaxFTime		59.69%	100.00%	16.05	50.01%	100.00%	14.13	50.17%	100.00%	12.73	48.52%	100.00%	16.5	47.47%	97.50%	15.44	53.54%	85.00%	19.24	66.49%	45.00%	24.11	51.14%	65.00%	18.77
MaxPVS+		53.64%	100.00%	12.18	49.27%	100.00%	13.2	43.00%	100.00%	10.2	44.79%	100.00%	12.88	43.55%	97.50%	14.36	52.68%	90.00%	17.75	69.09%	50.00%	20.9	60.22%	72.50%	18.83
MaxPVS-		51.29%	100.00%	11	47.03%	100.00%	10.13	40.09%	100.00%	10.93	44.12%	100.00%	13.25	44.82%	97.50%	16.36	58.78%	95.00%	16.79	73.81%	47.50%	23.74	63.51%	72.50%	20.45

Tabela 87: Resultados da heurística C2 para a família Rosznieg Mod 2

		$K_{Max}=2$																																																	
		MaxTasks1						MaxTasks1.2						MaxTasks1.4						MaxTasks1.6						MaxTasks1.8						MaxTasks2						MaxTasks3						MaxTasks4						MinRRB	
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T																	
MinD		45.02%	100.00%	6.28	29.68%	100.00%	6.63	27.55%	100.00%	7.55	30.57%	100.00%	5.93	35.27%	100.00%	11.3	40.31%	100.00%	9.93	58.23%	100.00%	13.1	40.31%	100.00%	9.18	18.48%	100.00%	8.98	18.48%	100.00%	10.25	18.37%	100.00%	10.25																	
MinR		47.37%	100.00%	7	33.71%	100.00%	8.15	29.12%	100.00%	7	33.71%	100.00%	8.98	34.38%	100.00%	7.75	40.43%	100.00%	9	59.01%	100.00%	12.48	40.43%	100.00%	11.6	18.37%	100.00%	9.75	19.71%	100.00%	9.75	19.71%	100.00%	9.75																	
MaxFTime		50.62%	100.00%	8.58	33.15%	100.00%	7.78	31.35%	100.00%	9.35	33.15%	100.00%	8.18	37.07%	100.00%	9.83	40.99%	100.00%	10.5	57.45%	100.00%	13.23	40.99%	100.00%	10.95	20.04%	100.00%	10.5	20.04%	100.00%	10.5	20.04%	100.00%	10.5																	
MaxFTime		52.07%	100.00%	6.6	32.81%	100.00%	12.13	31.69%	100.00%	3.55	33.95%	100.00%	12.43	37.29%	100.00%	6.98	40.31%	100.00%	14.08	57.45%	100.00%	14.08	40.31%	100.00%	11.65	19.37%	100.00%	10.33	19.37%	100.00%	10.33	19.37%	100.00%	10.33																	
MaxPVS+		49.16%	100.00%	5.9	30.01%	100.00%	7.4	28.22%	100.00%	6.38	31.47%	100.00%	8.2	34.83%	100.00%	7.45	40.09%	100.00%	9.38	56.77%	100.00%	14.08	40.09%	100.00%	7.68	19.37%	100.00%	10.33	19.37%	100.00%	10.33	19.37%	100.00%	10.33																	
MaxPVS-		47.03%	100.00%	7.38	28.11%	100.00%	5.05	27.77%	100.00%	7.13	31.13%	100.00%	6.08	34.94%	100.00%	9.18	39.19%	100.00%	9.7	57.33%	100.00%	11.78	39.19%	100.00%	8.15	18.37%	100.00%	9.85	18.37%	100.00%	9.85	18.37%	100.00%	9.85																	
		$K_{Max}=3$																																																	
		MaxTasks1						MaxTasks1.2						MaxTasks1.4						MaxTasks1.6						MaxTasks1.8						MaxTasks2						MaxTasks3						MaxTasks4						MinRRB	
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T																	
MinD		75.70%	100.00%	16.1	58.01%	100.00%	12.45	50.95%	100.00%	15.08	49.27%	100.00%	13.28	48.82%	100.00%	14.5	48.60%	100.00%	18.6	58.34%	100.00%	19.98	40.31%	100.00%	14.08	18.48%	100.00%	14.43	18.48%	100.00%	14.43	18.37%	100.00%	14.43																	
MinR		75.92%	100.00%	14	60.25%	100.00%	13.28	53.19%	100.00%	14.05	50.06%	100.00%	14.88	49.16%	100.00%	16.68	49.16%	100.00%	16.5	58.01%	100.00%	19.45	40.43%	100.00%	17.1	18.37%	100.00%	14.88	18.37%	100.00%	14.88	18.37%	100.00%	14.88																	
MaxFTime		77.83%	100.00%	17.13	59.80%	100.00%	14.8	53.19%	100.00%	12.48	49.38%	100.00%	17.65	48.94%	100.00%	17.85	48.94%	100.00%	17.18	57.78%	100.00%	24.6	40.99%	100.00%	17.18	19.71%	100.00%	16.4	19.71%	100.00%	16.4	19.71%	100.00%	16.4																	
MaxFTime		76.37%	100.00%	17.18	59.69%	100.00%	15.25	51.40%	100.00%	15.23	49.16%	100.00%	12.48	49.16%	100.00%	17.85	50.28%	100.00%	17.58	56.33%	100.00%	20.2	40.31%	100.00%	18.33	20.04%	100.00%	14.78	20.04%	100.00%	14.78	20.04%	100.00%	14.78																	
MaxPVS+		74.58%	100.00%	14	55.66%	100.00%	12.65	50.73%	100.00%	12.78	47.48%	100.00%	14.78	47.59%	100.00%	14.08	48.71%	100.00%	16.08	57.00%	100.00%	19.03	40.09%	100.00%	14.4	19.37%	100.00%	14.78	19.37%	100.00%	14.78	19.37%	100.00%	14.78																	
MaxPVS-		73.35%	100.00%	14.13	55.66%	100.00%	13.58	49.61%	100.00%	11.08	45.35%	100.00%	12.1	46.92%	100.00%	15.25	48.60%	100.00%	15.15	57.11%	100.00%	17.88	39.19%	100.00%	14.15	18.37%	100.00%	14.4	18.37%	100.00%	14.4	18.37%	100.00%	14.4																	

Tabela 88: Resultados da heurística CS para a família Roszieg Mod 2

	$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$																							
	MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				MaxTasks2				MaxTasks3				MaxTasksK				MinRLB			
	C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
MinD	15,90%	100,00%	7,88		15,90%	100,00%	11,48		15,90%	100,00%	11,23		15,90%	100,00%	8,1		15,90%	100,00%	10,7		15,90%	100,00%	12,93		15,90%	100,00%	8,9		16,57%	100,00%	16,78		100,00%	100,00%	14,88	
MinR	16,13%	100,00%	11,73		16,13%	100,00%	10,48		16,13%	100,00%	11		16,13%	100,00%	9,75		16,13%	100,00%	10,18		16,13%	100,00%	10,85		16,13%	100,00%	9,68		16,24%	100,00%	14,88		100,00%	100,00%	14,88	
MaxFTTime	17,92%	100,00%	11,38		17,92%	100,00%	12,43		17,92%	100,00%	11,33		17,92%	100,00%	12,85		17,92%	100,00%	11,73		17,92%	100,00%	10,85		17,92%	100,00%	11,3		17,02%	100,00%	14,88		100,00%	100,00%	14,88	
MaxPWS+	20,49%	100,00%	12,08		20,49%	100,00%	12,13		20,49%	100,00%	12,88		20,49%	100,00%	9,75		20,49%	100,00%	12,85		20,49%	100,00%	10,9		20,72%	100,00%	12,48		17,36%	100,00%	15,95		100,00%	100,00%	14,93	
MaxPWS-	19,04%	100,00%	10,9		19,04%	100,00%	10,65		19,04%	100,00%	10,08		19,04%	100,00%	10,5		19,04%	100,00%	11,05		19,04%	100,00%	10,5		19,26%	100,00%	9,68		16,80%	100,00%	14,93		100,00%	100,00%	14,93	
MaxPWS-	18,81%	100,00%	9,65		18,81%	100,00%	10,43		18,81%	100,00%	10,63		18,81%	100,00%	10,7		18,81%	100,00%	12,13		18,81%	100,00%	11,38		18,81%	100,00%	9,7		16,01%	100,00%	14,75		100,00%	100,00%	14,75	

	$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$												$K_{Max}=3$											
	MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				MaxTasks2				MaxTasks3				MaxTasksK				MinRLB			
	C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
MinD	24,97%	100,00%	14,68		24,97%	100,00%	13,33		24,97%	100,00%	13,65		24,97%	100,00%	13,88		24,97%	100,00%	14,48		24,97%	100,00%	12,88		24,97%	100,00%	15		21,39%	100,00%	13,6		17,02%	100,00%	17,58	
MinR	25,20%	100,00%	14,7		25,20%	100,00%	14,48		25,20%	100,00%	13,63		25,20%	100,00%	15,2		25,20%	100,00%	14,38		25,20%	100,00%	14,5		25,20%	100,00%	14,48		22,17%	100,00%	12,8		16,57%	100,00%	17	
MaxFTTime	27,66%	100,00%	16,9		27,66%	100,00%	16,75		27,66%	100,00%	16,43		27,66%	100,00%	16,38		27,66%	100,00%	16,73		27,66%	100,00%	17,55		27,66%	100,00%	16,28		24,30%	100,00%	15,85		17,58%	100,00%	18	
MaxPWS+	28,22%	100,00%	16,43		28,22%	100,00%	16,03		28,22%	100,00%	15,95		28,22%	100,00%	15,7		28,22%	100,00%	15,13		28,22%	100,00%	15,63		28,22%	100,00%	14,35		25,87%	100,00%	16,33		17,81%	100,00%	19,88	
MaxPWS-	26,09%	100,00%	12,5		26,09%	100,00%	14,3		26,09%	100,00%	13,73		26,09%	100,00%	13,25		26,09%	100,00%	13,25		26,09%	100,00%	12,55		26,09%	100,00%	13,65		24,19%	100,00%	13,25		17,47%	100,00%	16,35	
MaxPWS-	26,09%	100,00%	14,1		26,09%	100,00%	13,98		26,09%	100,00%	13,73		26,09%	100,00%	13,65		26,09%	100,00%	11,75		26,09%	100,00%	14,3		26,09%	100,00%	12,05		23,96%	100,00%	14,2		16,80%	100,00%	17,15	

Tabela 89: Resultados da heurística CW para a família Roszieg Mod 2

	$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$												$K_{Max}=3$											
	MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				MaxTasks2				MaxTasks3				MaxTasksK				MinRLB			
	C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T	
MinD	16.24%	100.00%	16.88		15.90%	100.00%	17.93		14.78%	100.00%	17.8		13.62%	95.00%	16.11		14.08%	95.00%	18.53		14.12%	85.00%	18.56		13.08%	72.50%	16.9		13.59%	77.50%	18.65		16.18%	57.50%	25.04	
MinR	16.69%	100.00%	16		16.57%	100.00%	17.5		15.01%	100.00%	15.48		14.67%	100.00%	16.9		14.29%	97.50%	17.15		14.41%	90.00%	17.75		13.87%	80.00%	17.5		13.81%	82.50%	18.91		16.35%	57.50%	30.48	
MaxFTTime	16.24%	100.00%	18		16.69%	100.00%	18.3		16.34%	97.50%	18.36		15.68%	100.00%	17.28		15.57%	100.00%	20.95		16.12%	90.00%	19.89		16.86%	72.50%	22.62		16.87%	80.00%	19		17.28%	57.50%	24.26	
MaxPWS+	19.48%	100.00%	19.53		19.82%	100.00%	17.53		18.99%	97.50%	17.56		18.14%	100.00%	17.98		16.94%	97.50%	20.77		17.17%	85.00%	20.12		18.20%	70.00%	22.32		17.42%	70.00%	21.86		16.73%	60.00%	26.54	
MaxPWS-	17.61%	95.00%	16.47		17.02%	95.00%	14.87		16.78%	95.00%	17.18		16.80%	87.50%	16.4		16.60%	85.00%	17.97		16.30%	75.00%	17.63		17.13%	62.50%	18		16.94%	65.00%	16.81		18.95%	52.50%	25.1	
MaxPWS-	17.87%	92.50%	15.27		17.51%	92.50%	14.68		17.80%	92.50%	16.97		17.80%	92.50%	18.95		17.68%	92.50%	16		16.92%	80.00%	18.03		17.45%	62.50%	16.76		17.25%	65.00%	19.31		17.89%	52.50%	26.1	

As melhores soluções encontradas pela heurística C2 estavam, em média a 22,33% das soluções ótimas para o ALWABP serial para ambos os valores de K_{Max} . A combinação das regras MinRLB e MinR encontrou as melhores soluções em média.

A diferença entre as melhores soluções encontradas pela heurística CS e as soluções ótimas do problema serial, em média, foi de 12,18% para $K_{Max} = 2$ e 12,90% para $K_{Max} = 3$. Para duas instâncias, esta heurística encontrou soluções cujos tempos de ciclo eram menores que as soluções ótimas das respectivas instâncias para o problema serial. As melhores soluções, em média, foram encontradas pela combinação das regras MaxTasksK e MinD, para $K_{Max} = 2$, e pela combinação das regras MinRLB e MinR, para $K_{Max} = 3$.

Para a heurística CW, as melhores soluções encontradas estavam, em média, a 7,03% das melhores soluções conhecidas para o problema serial, usando $K_{Max} = 2$, e a 7,84%, usando $K_{Max} = 3$. A combinação das regras MaxTasks3 e MinD encontrou as melhores soluções, em média, para ambos os valores de K_{Max} .

As tabelas 90, 91, 92 e 93 apresentam os resultados para a família Heskia Mod 1, obtidos respectivamente pelas heurísticas C1, C2, CS e CW.

As melhores soluções encontradas pela heurística C1 para a família Heskia mod 1 estavam em média, a 25,30% das soluções ótimas do problema serial, para $K_{Max} = 2$, e a 25,57%, para $K_{Max} = 3$. Algumas instâncias não foram resolvidas por algumas combinações de critérios. Entre as soluções viáveis encontradas, a combinação das regras MaxTasksK e MinD encontrou as melhores soluções, em média. No entanto, esta combinação de regras conseguiu resolver poucas instâncias.

Para a heurística C2, as melhores soluções encontradas estavam, em média, a 25,37% das soluções ótimas para $K_{Max} = 2$, e a 25,85%, para $K_{Max} = 3$. algumas combinações de critérios não conseguiram resolver todas as instâncias. A combinação das regras MinRLB e MinR encontrou as melhores soluções, em média.

A diferença entre as melhores soluções encontradas pela heurística CS e as soluções ótimas para o problema serial foi de 24,26% para $K_{Max} = 2$ e de 26,26% para $K_{Max} = 3$. As regras MinRLB e MinR, quando combinadas, apresentaram as melhores soluções, em média.

Para a heurística CW, as melhores soluções encontradas estavam, em média, a 28,08% das soluções ótimas para $K_{Max} = 2$ e a 26,78% para $K_{Max} = 3$. Várias instâncias não puderam ser resolvidas por todas as regras. Apesar de as regras MaxTasksK e MaxPWS terem encontrado as melhores soluções em média, elas resolveram poucas instâncias.

Tabela 90: Resultados da heurística C1 para a família Heskia Mod 1

		$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$															
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB			
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	
MinD	43.93%	100.00%	51.85	39.06%	97.50%	97.50%	50.87	45.61%	87.50%	60.17	50.02%	52.50%	64.67	49.08%	37.50%	67.67	36.11%	12.50%	56	55.74%	2.50%	63	19.04%	7.50%	47	31.55%	100.00%	57.6	
MinR	53.09%	100.00%	51.4	35.43%	97.50%	97.50%	47.67	42.92%	97.50%	60.9	45.61%	80.00%	66.19	50.25%	60.00%	71.5	54.33%	27.50%	79.45	125.23%	2.50%	218	34.49%	17.50%	58	30.61%	100.00%	56.43	
MaxFTime	52.96%	100.00%	70.6	50.35%	97.50%	97.50%	75.21	58.30%	97.50%	89.49	72.47%	70.00%	103.11	74.94%	42.50%	100.88	88.45%	17.50%	111.57	55.74%	2.50%	78	55.74%	2.50%	62	43.55%	100.00%	88.2	
MaxFTime	54.48%	100.00%	69.85	53.76%	100.00%	92.50%	91.11	58.80%	92.50%	91.11	68.56%	67.50%	97.52	73.17%	42.50%	102.76	61.12%	15.00%	78.17	55.74%	2.50%	62	55.74%	2.50%	63	44.65%	100.00%	88.6	
MaxPWS+	38.81%	100.00%	43.58	38.72%	100.00%	100.00%	49.63	43.96%	100.00%	55.35	49.76%	97.50%	66.26	57.69%	90.00%	71.97	77.45%	72.50%	99.76	85.11%	22.50%	106	79.15%	65.00%	100.85	36.82%	100.00%	62.88	
MaxPWS-	39.14%	100.00%	45.23	37.74%	100.00%	100.00%	46.03	43.44%	100.00%	54.6	51.57%	100.00%	64.73	58.16%	90.00%	73.28	74.56%	82.50%	90.76	85.41%	17.50%	102.71	86.10%	70.00%	106.89	36.15%	100.00%	61.23	
		$K_{Max}=3$																											
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB			
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	
MinD	49.73%	100.00%	77.13	50.27%	100.00%	100.00%	79.63	58.22%	95.00%	98.47	49.97%	50.00%	86.55	57.34%	42.50%	100.94	35.73%	12.50%	81.4	55.74%	2.50%	78	19.04%	7.50%	67.33	31.55%	100.00%	76.4	
MinR	57.11%	100.00%	84.65	46.62%	100.00%	100.00%	76.45	50.68%	97.50%	88.79	49.13%	80.00%	97.94	54.77%	60.00%	102.04	55.03%	25.00%	110.8	125.23%	2.50%	296	34.49%	17.50%	84.57	30.61%	100.00%	77.68	
MaxFTime	67.76%	100.00%	122.88	61.65%	97.50%	97.50%	117.64	64.34%	90.00%	130.86	70.57%	70.00%	142.11	74.94%	42.50%	141.29	88.14%	17.50%	151.43	55.74%	2.50%	93	55.74%	2.50%	94	43.55%	100.00%	117.8	
MaxFTime	71.14%	100.00%	118.53	65.04%	100.00%	100.00%	123.35	63.04%	90.00%	131.22	68.75%	65.00%	136.19	73.17%	42.50%	143.12	60.75%	15.00%	109.5	55.74%	2.50%	93	55.74%	2.50%	93	44.37%	100.00%	119.03	
MaxPWS+	39.89%	100.00%	58.83	39.92%	100.00%	100.00%	64.78	46.24%	100.00%	77.2	52.03%	97.50%	88.86	57.84%	90.00%	98.86	79.50%	75.00%	134.17	94.97%	27.50%	166	79.15%	65.00%	133.81	36.82%	100.00%	83.93	
MaxPWS-	40.75%	100.00%	58.9	39.11%	100.00%	100.00%	63.28	44.41%	100.00%	74.7	52.17%	100.00%	84.7	57.41%	90.00%	96.22	76.11%	82.50%	122.45	97.04%	22.50%	173.44	85.10%	70.00%	141.89	36.15%	100.00%	80.38	

Tabela 91: Resultados da heurística C2 para a família Heskia Mod 1

		$K_{Max}=2$												$K_{Max}=3$															
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB			
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	
MinD	65.10%	100.00%	68.63	38.03%	100.00%	50.6	270.96%	100.00%	67.18	312.95%	97.50%	99.64	338.54%	97.50%	119.23	121.55%	85.00%	132.97	150.34%	82.50%	167.94	121.55%	85.00%	132.56	28.71%	100.00%	53.35		
MinR	76.55%	100.00%	74.45	37.36%	100.00%	47.58	43.38%	100.00%	60.13	57.36%	97.50%	76.73	79.80%	100.00%	104.58	84.83%	95.00%	108.82	121.58%	95.00%	151.45	84.83%	95.00%	110.84	26.95%	100.00%	52.25		
MaxFTime	85.29%	100.00%	104.05	50.61%	100.00%	76.1	61.17%	100.00%	94.8	92.61%	95.00%	135.82	110.90%	87.50%	155.6	117.47%	87.50%	165.89	139.86%	85.00%	195	117.47%	87.50%	166.31	39.69%	100.00%	83.05		
MaxFTime	89.17%	100.00%	101.9	52.54%	100.00%	72.85	62.04%	100.00%	94.75	86.06%	95.00%	125.29	109.63%	92.50%	155.34	117.84%	92.50%	167	140.04%	87.50%	196.89	117.84%	92.50%	167.46	40.24%	100.00%	82.63		
MaxPWS+	50.79%	100.00%	49.1	38.62%	100.00%	47.53	41.17%	100.00%	53.53	49.49%	100.00%	62.73	60.82%	100.00%	78	68.37%	100.00%	86.38	117.96%	92.50%	140.92	68.37%	100.00%	83.8	35.06%	100.00%	61.3		
MaxPWS-	50.33%	100.00%	48.4	37.96%	100.00%	44.48	42.34%	100.00%	54.6	50.94%	100.00%	62.1	61.73%	100.00%	75.53	67.34%	100.00%	83.78	122.08%	92.50%	139.95	67.34%	100.00%	82.3	33.96%	100.00%	58.23		
		$K_{Max}=3$														$K_{Max}=3$													
		MaxTasks1			MaxTasks1.2			MaxTasks1.4			MaxTasks1.6			MaxTasks1.8			MaxTasks2			MaxTasks3			MaxTasksK			MinRLB			
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	
MinD	79.25%	100.00%	106.85	60.89%	100.00%	91.35	73.16%	100.00%	121.28	323.11%	97.50%	149.59	337.87%	97.50%	175.56	119.80%	85.00%	180.85	260.06%	82.50%	239.58	121.55%	85.00%	185.32	28.71%	100.00%	74.53		
MinR	84.84%	100.00%	117.38	62.50%	100.00%	96.35	63.81%	100.00%	136.38	68.88%	97.50%	126.38	87.90%	97.50%	155.21	89.76%	95.00%	138.11	119.74%	95.00%	211.79	84.83%	95.00%	132.26	26.95%	100.00%	73.3		
MaxFTime	110.46%	100.00%	178.18	84.40%	100.00%	149.38	82.93%	100.00%	165.03	99.44%	95.00%	202.84	113.96%	87.50%	221.97	118.76%	87.50%	233.54	139.86%	85.00%	272.03	117.47%	87.50%	229.94	39.69%	100.00%	111.23		
MaxFTime	114.01%	100.00%	173.13	85.91%	100.00%	144.38	84.27%	95.00%	163.42	99.02%	95.00%	196.89	118.14%	92.50%	235.81	121.17%	92.50%	241.14	140.04%	87.50%	273.66	117.84%	92.50%	232.73	40.24%	100.00%	111.1		
MaxPWS+	83.70%	100.00%	100.63	52.60%	100.00%	76.53	62.46%	100.00%	94.7	70.32%	100.00%	113.2	83.88%	100.00%	137.63	90.67%	97.50%	149.54	124.77%	92.50%	202.81	68.37%	100.00%	117.4	35.06%	100.00%	80.85		
MaxPWS-	80.48%	100.00%	94.45	49.39%	100.00%	70.23	58.01%	100.00%	88.05	68.70%	100.00%	109.63	80.24%	100.00%	127.15	87.72%	100.00%	141.58	126.31%	95.00%	198.63	67.34%	100.00%	111.45	33.96%	100.00%	78.03		

Tabela 92: Resultados da heurística CS para a família Heskia Mod 1

	K _{Max} =2																																							
	MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				MaxTasks2				MaxTasks3				MaxTask4				MinIRLB							
	C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T									
Mind	31.46%	100.00%	64.73		31.46%	100.00%	63.9		31.46%	100.00%	65.1		31.46%	100.00%	65.08		31.46%	100.00%	65.15		31.46%	100.00%	66.28		31.46%	100.00%	64.68		31.21%	100.00%	67.7		26.46%	100.00%	66.33					
Mind	28.11%	100.00%	62.45		28.11%	100.00%	61.13		28.11%	100.00%	62.08		28.11%	100.00%	61.93		28.11%	100.00%	60.9		28.11%	100.00%	62.75		28.11%	100.00%	61.65		28.07%	100.00%	61.18		25.04%	100.00%	66.3					
Mind	42.65%	100.00%	99.13		42.65%	100.00%	99.4		42.65%	100.00%	97.15		42.65%	100.00%	98.63		42.65%	100.00%	96		42.65%	100.00%	97.9		42.65%	100.00%	90		42.83%	100.00%	100.23		34.40%	100.00%	97.5					
Mind	38.56%	100.00%	88.18		38.56%	100.00%	91.65		38.56%	100.00%	90.83		38.56%	100.00%	89		38.56%	100.00%	92.03		38.56%	100.00%	90.58		38.56%	100.00%	90		38.83%	100.00%	89.68		32.37%	100.00%	92.05					
Mind	34.12%	100.00%	67.98		34.12%	100.00%	66.68		34.12%	100.00%	64.7		34.12%	100.00%	68.63		34.12%	100.00%	67.5		34.12%	100.00%	66.43		34.12%	100.00%	68.15		33.91%	100.00%	65.38		31.35%	100.00%	73					
Mind	34.16%	100.00%	64.78		34.16%	100.00%	65.5		34.16%	100.00%	65.93		34.16%	100.00%	65.18		34.16%	100.00%	64.33		34.16%	100.00%	64.3		34.16%	100.00%	65.93		34.05%	100.00%	63.15		31.58%	100.00%	72.9					
	MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				K _{Max} =3				MaxTasks2				MaxTasks3				MaxTask4				MinIRLB			
	C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T		C%	P%	T					
Mind	37.21%	100.00%	71.75		37.21%	100.00%	70.98		37.21%	100.00%	74.48		37.21%	100.00%	72.2		37.21%	100.00%	71.25		37.21%	100.00%	74.18		37.21%	100.00%	71.75		35.38%	100.00%	70		29.44%	100.00%	72.23					
Mind	34.78%	100.00%	72.45		34.78%	100.00%	69.35		34.78%	100.00%	69.55		34.78%	100.00%	70.98		34.78%	100.00%	70.13		34.78%	100.00%	72.6		34.78%	100.00%	70.5		31.37%	100.00%	65.15		28.03%	100.00%	70.18					
Mind	49.63%	100.00%	109.38		49.63%	100.00%	111.08		49.63%	100.00%	110.3		49.63%	100.00%	113.2		49.63%	100.00%	112.38		49.63%	100.00%	111.63		49.63%	100.00%	108.08		49.97%	100.00%	108.18		33.72%	100.00%	98.45					
Mind	46.70%	100.00%	103.83		46.70%	100.00%	106.05		46.70%	100.00%	104.03		46.70%	100.00%	104.4		46.70%	100.00%	106.58		46.70%	100.00%	103.18		46.70%	100.00%	101.3		42.93%	100.00%	100.6		34.27%	100.00%	94.68					
Mind	40.04%	100.00%	74.55		40.04%	100.00%	71.28		40.04%	100.00%	68.6		40.04%	100.00%	71.75		40.04%	100.00%	70.4		40.04%	100.00%	68.98		40.04%	100.00%	69.85		39.48%	100.00%	72.03		34.87%	100.00%	78.03					
Mind	39.42%	100.00%	69.45		39.42%	100.00%	64.7		39.42%	100.00%	71.38		39.42%	100.00%	67.63		39.42%	100.00%	68.1		39.42%	100.00%	67.75		39.42%	100.00%	68.5		38.30%	100.00%	67.88		33.69%	100.00%	73					

Tabela 93: Resultados da heurística CW para a família Heskia Mod 1

		$K_{Max}=2$																							
		MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8							
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
Mind		32.63%	87.50%	112.31	28.26%	60.00%	112.29	23.03%	30.00%	116.5	21.89%	27.50%	110.73	22.69%	25.00%	120.1	22.93%	20.00%	122.75	25.64%	15.00%	141	24.04%	17.50%	127.57
Mind		30.62%	95.00%	104.92	28.65%	67.50%	109.85	22.95%	40.00%	110.19	22.56%	32.50%	115.62	18.88%	25.00%	107.4	18.97%	27.50%	104.73	23.84%	20.00%	128.13	19.15%	22.50%	108.89
Mind		43.93%	97.50%	158.69	41.07%	62.50%	150.28	35.82%	37.50%	151.93	31.17%	37.50%	143.47	31.48%	30.00%	152.83	36.06%	30.00%	170.83	37.92%	27.50%	173.45	37.41%	27.50%	169.91
MaxTime		41.46%	95.00%	150.13	37.96%	62.50%	142.32	33.17%	32.50%	145.85	33.43%	27.50%	148.18	29.91%	22.50%	140.56	37.13%	22.50%	173.78	36.87%	20.00%	168.5	36.16%	20.00%	171.13
MaxPVS+		29.83%	42.50%	111	25.92%	30.00%	103.17	15.48%	15.00%	93.83	14.50%	10.00%	108.25	11.79%	7.50%	109	5.88%	5.00%	94.5	5.88%	5.00%	94.5	5.88%	5.00%	92.5
MaxPVS-		34.08%	47.50%	117.42	27.78%	32.50%	103.31	19.29%	17.50%	100.14	17.17%	15.00%	95.67	15.78%	12.50%	95.4	8.94%	7.50%	87.33	8.94%	7.50%	87.67	8.94%	7.50%	87.67
		MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				$K_{Max}=3$			
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
Mind		40.27%	97.50%	182.72	35.84%	77.50%	182.87	26.55%	37.50%	172.4	22.47%	30.00%	160.58	22.64%	27.50%	172.73	22.93%	20.00%	182.5	25.64%	15.00%	209.17	24.04%	17.50%	187
Mind		43.31%	100.00%	185.7	37.22%	87.50%	176.31	25.76%	42.50%	166.88	22.92%	35.00%	169.43	18.94%	25.00%	159.3	19.02%	27.50%	156.82	23.84%	20.00%	193.25	19.15%	22.50%	165.67
MaxTime		61.40%	100.00%	298.33	58.05%	67.50%	283.48	50.85%	42.50%	284.24	35.69%	40.00%	237.63	31.79%	30.00%	234.5	36.06%	30.00%	257.25	37.92%	27.50%	261.45	37.41%	27.50%	250.73
MaxTime		63.59%	97.50%	289.38	61.38%	72.50%	295.38	48.69%	42.50%	276.94	38.94%	30.00%	247.25	29.91%	22.50%	213.67	37.13%	22.50%	261.78	36.87%	20.00%	255.25	36.16%	20.00%	252.38
MaxPVS+		34.57%	52.50%	169.24	26.45%	35.00%	155.79	17.42%	17.50%	148.71	14.50%	10.00%	156.25	11.79%	7.50%	156.67	5.88%	5.00%	132	5.88%	5.00%	138	5.88%	5.00%	136.5
MaxPVS-		35.66%	50.00%	166.3	27.55%	35.00%	148.57	20.29%	20.00%	152.75	17.17%	15.00%	136.67	15.78%	12.50%	134.8	8.94%	7.50%	124.67	8.94%	7.50%	129	8.94%	7.50%	129.33
		MaxTasks1				MaxTasks1.2				MaxTasks1.4				MaxTasks1.6				MaxTasks1.8				MinRRB			
		C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T
Mind		40.27%	97.50%	182.72	35.84%	77.50%	182.87	26.55%	37.50%	172.4	22.47%	30.00%	160.58	22.64%	27.50%	172.73	22.93%	20.00%	182.5	25.64%	15.00%	209.17	24.04%	17.50%	214.5
Mind		43.31%	100.00%	185.7	37.22%	87.50%	176.31	25.76%	42.50%	166.88	22.92%	35.00%	169.43	18.94%	25.00%	159.3	19.02%	27.50%	156.82	23.84%	20.00%	193.25	19.15%	22.50%	153.67
MaxTime		61.40%	100.00%	298.33	58.05%	67.50%	283.48	50.85%	42.50%	284.24	35.69%	40.00%	237.63	31.79%	30.00%	234.5	36.06%	30.00%	257.25	37.92%	27.50%	261.45	37.41%	27.50%	195
MaxTime		63.59%	97.50%	289.38	61.38%	72.50%	295.38	48.69%	42.50%	276.94	38.94%	30.00%	247.25	29.91%	22.50%	213.67	37.13%	22.50%	261.78	36.87%	20.00%	255.25	36.16%	20.00%	248.67
MaxPVS+		34.57%	52.50%	169.24	26.45%	35.00%	155.79	17.42%	17.50%	148.71	14.50%	10.00%	156.25	11.79%	7.50%	156.67	5.88%	5.00%	132	5.88%	5.00%	138	5.88%	5.00%	156.33
MaxPVS-		35.66%	50.00%	166.3	27.55%	35.00%	148.57	20.29%	20.00%	152.75	17.17%	15.00%	136.67	15.78%	12.50%	134.8	8.94%	7.50%	124.67	8.94%	7.50%	129	8.94%	7.50%	196.5

As tabelas 94, 95, 96 e 97 apresentam os resultados obtidos para a família Heskia mod 2 pelas heurísticas C1, C2, CS e CW, respectivamente.

Para a família Heskia mod 2, a diferença média entre as soluções encontradas pela heurística C1 e as soluções ótimas para o problema serial foi de 24,81% para $K_{Max} = 2$ e de 25,30% para $K_{Max} = 3$. Nem todas as instâncias puderam ser resolvidas por todos os critérios. A combinação das regras MinRLB e MaxPWS+ encontrou as melhores soluções, em média.

As melhores soluções encontradas pela heurística C2 estavam, em média, a 10,12% das soluções ótimas do problema serial, para ambos os valores de K_{Max} . As regras MinRLB e MinR apresentaram as melhores soluções, em média.

Para a heurística CS, as melhores soluções encontradas estavam, em média, a 9,13% das soluções ótimas do ALWABP serial, para $K_{Max} = 2$, e a 10,28% para $K_{Max} = 3$. A combinação das regras MinRLB e MinR apresentou as melhores soluções, em média.

As melhores soluções encontradas pela heurística CW estavam, em média, a 9,57% das soluções ótimas do ALWABP serial, para $K_{Max} = 2$, e a 9,76%, para $K_{Max} = 3$. A combinação das regras MinRLB e MinR apresentou as melhores soluções, em média.

Desta forma, a heurística CW apresentou as melhores soluções, em média, para as oito famílias de instâncias. Entre as regras de prioridades para as tarefas, destacaram-se as regras MinR e MinD, enquanto que as regras MinRLB e MaxTasksK obtiveram as melhores soluções entre as regras de seleção de trabalhadores.

Tabela 96: Resultados da heurística CS para a família Heskia Mod 2

	$K_{Max}=2$										$K_{Max}=3$									
	MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB			
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%
MmD	19.28%	100.00%	85.83	19.28%	100.00%	85.7	19.28%	100.00%	84.68	19.28%	100.00%	85.5	19.28%	100.00%	87.25	19.28%	100.00%	85.93	13.99%	100.00%
MmR	19.30%	100.00%	86.2	19.30%	100.00%	86.28	19.30%	100.00%	89.3	19.30%	100.00%	88.93	19.30%	100.00%	90.18	19.30%	100.00%	86.13	13.08%	100.00%
MaxFTime	30.50%	100.00%	130.23	30.50%	100.00%	130.7	30.50%	100.00%	128.68	30.50%	100.00%	131.7	30.50%	100.00%	129.03	30.50%	100.00%	131.38	25.17%	100.00%
MaxPWS+	28.90%	100.00%	124.18	28.90%	100.00%	124.3	28.90%	100.00%	120.5	28.90%	100.00%	122.83	28.90%	100.00%	124.4	28.90%	100.00%	121.3	21.52%	100.00%
MaxPWS-	25.39%	100.00%	99.53	25.39%	100.00%	100.68	25.39%	100.00%	99.1	25.39%	100.00%	100.53	25.39%	100.00%	101.03	25.39%	100.00%	97.8	19.21%	100.00%
MaxPWS-	24.91%	100.00%	95.98	24.91%	100.00%	96.83	24.91%	100.00%	98.9	24.91%	100.00%	99.9	24.91%	100.00%	94.85	24.91%	100.00%	94.33	20.93%	100.00%
	$K_{Max}=2$										$K_{Max}=3$									
	MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB			
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%
MmD	31.27%	100.00%	133.4	31.27%	100.00%	133.4	31.27%	100.00%	131.8	31.27%	100.00%	133.85	31.27%	100.00%	133.85	31.27%	100.00%	131	15.51%	100.00%
MmR	31.87%	100.00%	140.7	31.87%	100.00%	138.85	31.87%	100.00%	139.58	31.87%	100.00%	139.78	31.87%	100.00%	139.48	31.87%	100.00%	138.98	13.77%	100.00%
MaxFTime	51.18%	100.00%	218	51.18%	100.00%	218.1	51.18%	100.00%	219.1	51.18%	100.00%	219.23	51.18%	100.00%	220.33	51.18%	100.00%	218.08	26.07%	100.00%
MaxPWS+	50.81%	100.00%	214.55	50.81%	100.00%	214.43	50.81%	100.00%	214.4	50.81%	100.00%	213.8	50.81%	100.00%	213.8	50.81%	100.00%	213.35	22.08%	100.00%
MaxPWS-	32.12%	100.00%	130.25	32.12%	100.00%	129.43	32.12%	100.00%	130.68	32.12%	100.00%	130.73	32.12%	100.00%	132.3	32.12%	100.00%	132.3	19.91%	100.00%
MaxPWS-	32.66%	100.00%	123.5	32.66%	100.00%	125.6	32.66%	100.00%	124.03	32.66%	100.00%	123.73	32.66%	100.00%	125.2	32.66%	100.00%	127.93	21.39%	100.00%

Tabela 97: Resultados da heurística CW para a família Heskia Mod 2

	$K_{Max}=2$										$K_{Max}=3$									
	MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB			
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%
MmD	19.49%	100.00%	131.35	18.98%	100.00%	135.4	18.06%	92.50%	142.88	17.34%	85.00%	150.88	15.97%	85.00%	145.44	17.93%	67.50%	147.44	13.23%	77.50%
MmR	20.16%	97.50%	134.9	18.97%	97.50%	136.74	18.50%	95.00%	141.66	17.79%	85.00%	148.26	15.95%	80.00%	143.78	15.48%	62.50%	137.84	10.68%	77.50%
MaxFTime	31.27%	100.00%	195.8	30.70%	97.50%	205.45	28.88%	97.50%	209.64	28.44%	95.00%	220.33	27.27%	90.00%	217.11	29.63%	80.00%	223.19	23.54%	85.00%
MaxPWS+	28.09%	100.00%	180.65	28.91%	97.50%	194.74	27.43%	97.50%	199.21	26.89%	95.00%	204.42	26.27%	95.00%	205.11	27.92%	77.50%	217.35	20.54%	77.50%
MaxPWS-	25.73%	97.50%	151.21	25.08%	97.50%	158.85	24.69%	85.00%	163.38	23.30%	75.00%	166.93	22.27%	72.50%	176.83	21.92%	55.00%	172.27	17.38%	37.50%
MaxPWS-	25.46%	92.50%	146.22	24.80%	90.00%	146.56	22.83%	75.00%	148.67	22.21%	75.00%	151.83	21.87%	70.00%	152.64	21.97%	60.00%	162.95	15.43%	40.00%
	$K_{Max}=2$										$K_{Max}=3$									
	MaxTasks1		MaxTasks1.2		MaxTasks1.4		MaxTasks1.6		MaxTasks1.8		MaxTasks2		MaxTasks3		MaxTasksK		MinRLB			
	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%	T	C%	P%
MmD	36.62%	100.00%	293.7	29.30%	97.50%	275.62	21.45%	92.50%	263.03	19.67%	90.00%	266.94	16.67%	85.00%	263.29	17.93%	67.50%	262.93	13.23%	77.50%
MmR	40.88%	100.00%	310.88	33.68%	100.00%	290.58	22.70%	97.50%	260.36	18.47%	90.00%	262.61	16.91%	77.50%	267.71	15.48%	62.50%	255.12	10.68%	77.50%
MaxFTime	59.49%	100.00%	482	47.37%	100.00%	433.73	35.12%	100.00%	399.38	30.74%	97.50%	401.64	29.04%	95.00%	397.25	29.63%	80.00%	412.53	23.54%	85.00%
MaxPWS+	57.57%	100.00%	464.58	46.39%	100.00%	417.35	32.72%	100.00%	369.3	29.39%	97.50%	383.13	27.02%	95.00%	376.43	27.92%	77.50%	397.65	20.54%	77.50%
MaxPWS-	39.44%	97.50%	274.82	32.29%	97.50%	259.51	27.34%	82.50%	264.82	24.46%	77.50%	273.23	22.75%	72.50%	290.46	21.92%	55.00%	292.14	17.38%	37.50%
MaxPWS-	36.60%	100.00%	255.38	30.10%	92.50%	244.57	26.25%	70.00%	251.82	22.96%	77.50%	251.29	22.06%	60.00%	262.04	22.72%	47.50%	279.16	15.43%	40.00%