

## 6

## Análise de resultados

Preliminarmente foram processados os modelos para 100, 200, 300, 400 e 500 replicações. Objetivava-se identificar os tamanhos de amostras (replicações) passíveis de produzir médias e desvios-padrão estáveis para o processo. Com o aumento de replicações, reduz-se o erro-padrão e os intervalos de confiança das estatísticas obtidas. O processo propriamente dito não necessita de tempo de aquecimento (*warm-up*) por sua característica de ciclos estáveis (que se regeneram a cada janela de tempo), não sendo este, portanto, o motivo para diversificar-se quantidade de replicações.

Os dados relativos a estes processamentos estão integralmente disponíveis no Apêndice 3 (Quadro A.3.a).

Neste, pode-se observar que a contribuição em termos de redução dos desvios-padrão ocorre para as maiores quantidades de replicações (o que já era esperado), mormente em relação à variável **TEMPO EXCEDENTE A 120 MINUTOS**, principal variável em estudo, passando de 9,5 minutos em 100 replicações para 8,8 minutos em 500, no regime **MOVIMENTAÇÃO MÍNIMA**.

Com base nestas razões, utilizar-se-á, doravante nesta pesquisa, o padrão de 500 replicações a cada novo cenário a ser processado.

### 6. 1. Análise crítica entre os regimes: PEPS X MOVIMENTAÇÃO MÍNIMA

O Quadro 6.1.A apresenta o desempenho comparativo dos regimes estudados para 500 replicações em cada um destes.

Quadro 6.1.A

COMPARATIVO ENTRE REGIMES DE ATENDIMENTO: MÍNIMO TEMPO DE PROCESSAMENTO (SPT) x PEPS - 500 REPLICAÇÕES														
Regime de atendimento	Parâmetros das distribuições	Tamanho médio fila	Quantidade de Clientes						Tempos (em minutos)					Movimentações Qtde Movimentações média/container
			Com Tempo de espera em fila < 30 min	30 min < Com Tempo de Espera em Fila < 60 min	60 min < Com Tempo de Espera em Fila < 90 min	90 min < Com Tempo de Espera em Fila < 120 min	Com Tempo de espera em fila > 120 min	Que ultrapassa a Janela de Tempo	Tempo médio espera em fila	Tempo médio de atendimento	Tempo chegada total	Tempo ociosidade total	Tempo excedente a 120 minutos	
SPT	média	6,7	21,5	6,1	2,0	0,4	0,01	2,4	22,8	4,0	103,4	0,0	2,8	1,6
	desvpad	1,5	3,0	2,5	1,4	0,7	0,1	2,5	5,1	0,3	11,7	0,0	8,8	0,1
	coef. var.	0,22	0,14	0,41	0,71	1,87	9,96	1,04	0,22	0,07	0,11	---	3,15	0,07
PEPS	média	11,3	3,1	4,3	5,4	7,1	10,0	20,5	95,5	8,0	103,8	0,3	123,9	3,2
	desvpad	1,2	1,9	2,6	3,6	4,5	7,3	2,4	21,7	0,9	11,1	1,4	28,6	0,4
	coef. var.	0,11	0,60	0,59	0,67	0,64	0,73	0,12	0,23	0,12	0,11	4,71	0,23	0,12

Observa-se que o regime de atendimento baseado no critério de **MOVIMENTAÇÃO MÍNIMA** apresenta um desempenho bastante superior ao **PEPS**.

Uma curiosidade é que no Capítulo 3 calculou-se o valor esperado de uma estrutura idêntica a esta como sendo de oito movimentações/contêiner. No Quadro 6.1.A, estes valores médios são de 1,6 para o regime de **MOVIMENTAÇÃO MÍNIMA** e de 3,2 para o **PEPS**. Seria de se esperar que o regime **PEPS** apresentasse o mesmo valor esperado de oito após as 500 replicações. A explicação para esta diferença expressiva deve-se a que, com a criação de duas estruturas diversas (**ORIGINAL E BUFFER**), nas quais se distribuem os contêineres após o primeiro atendimento, o valor esperado é drasticamente afetado. Com tal estrutura, a equivalência grosso modo seria a de dois grupos de três pilhas de cinco contêineres cada, com acesso pelos dois lados. O valor esperado desta configuração seria da ordem de 4 movimentações/contêiner, um valor já mais próximo dos 3,2 apresentados pela simulação no regime **PEPS**.

Detalhando algumas das variáveis, obtém-se o Quadro 6.1.B:

**Quadro 6.1.B**

COMPARATIVO ENTRE VARIÁVEIS DE DESEMPENHO DO PROCESSO					
DISTRIBUIÇÃO MÉDIA DE CARRETAS COM TEMPO DE ESPERA EM FILA (%)					
	TEMPOS DE ESPERA EM FILA (minutos)				
	0 < T < 30	30 < T < 60	60 < T < 90	90 < T < 120	T > 120
REGIME MOVIMENTAÇÃO MÍNIMA	71,7	20,3	6,7	1,3	0,0
REGIME PEPS	10,4	14,4	18,1	23,7	33,4

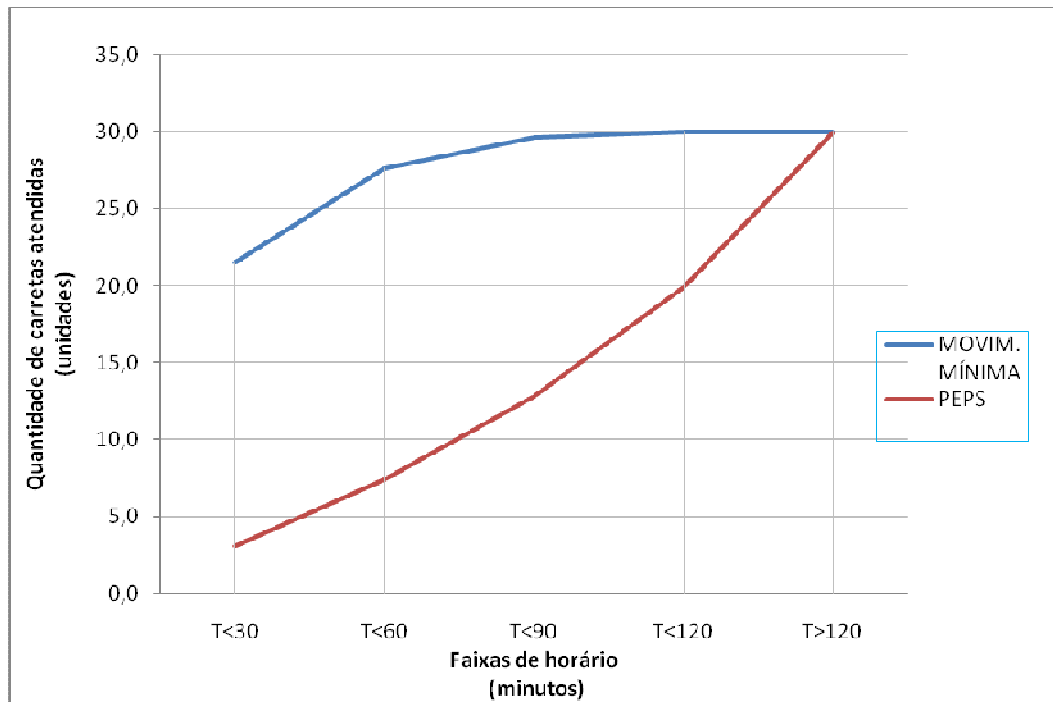
MOVIMENTAÇÃO DE CONTÊINERES		
	quantidade média de movimentações por contêiner	tempo médio de atendimento por cliente(min)
REGIME MOVIMENTAÇÃO MÍNIMA	1,6	4,0
REGIME PEPS	3,2	8,0

Enquanto no regime **MOVIMENTAÇÃO MÍNIMA** 71,7% dos clientes, em média, são atendidos em até 30 minutos contados a partir de suas chegadas, no regime **PEPS** apenas 10,4% o são.

Ainda, agregando-se o próximo intervalo de tempo (acumulado de até uma hora), temos que 92% dos clientes são atendidos em menos de uma hora no **MOVIMENTAÇÃO MÍNIMA**, enquanto apenas 24,8% o são no **PEPS**.

O Gráfico 6.1.C apresenta o acumulado de carretas médias atendidas (contando a partir de suas chegadas) por tempo médio de serviço nos dois regimes estudados.

**Gráfico 6.1.C**



Este melhor desempenho relativo é retratado também em níveis de eficiência bastante díspares dentre os regimes de atendimento (Quadro 6.1.B), representados pelas variáveis **QUANTIDADE MÉDIA DE MOVIMENTAÇÕES/CONTÊINER**, com relação de 1,6 para 3,2 e **TEMPO MÉDIO DE ATENDIMENTO/CLIENTE**, com relação de 4,0 para 8,0 na comparação **MOVIMENTAÇÃO MÍNIMA** versus **PEPS**, respectivamente.

Curioso também é observar que o efeito do aumento do tempo de espera proporcionado pelo reordenamento de atendimento, independente da ordem de chegada, produzido pelo regime **MOVIMENTAÇÃO MÍNIMA** em relação ao **PEPS** é mais do que compensado pela redução drástica das movimentações improdutivas no regime **MOVIMENTAÇÃO MÍNIMA**, reduzindo os tempos de espera e serviço para a totalidade das carretas no processo.

Esta superioridade expressiva é razão suficiente para que o foco desta pesquisa passe a se concentrar exclusivamente no regime **MOVIMENTAÇÃO MÍNIMA**, e nas suas perspectivas de solucionar o problema proposto.

## 6. 2. Análise do regime MOVIMENTAÇÃO MÍNIMA para atender ao processo

Cabe agora analisar se este regime é compatível com os padrões estabelecidos pelo novo processo – atendimento a 30 contêineres com janela de tempo de 120 minutos e um recurso de atendimento *reach stacker* em operação.

Mantendo o foco na variável **TEMPO EXCEDENTE A 120 MINUTOS** (que efetivamente importa para a avaliação de atendimento à janela de tempo), observa-se que no Quadro 6.1.A, a janela de tempo é ultrapassada em média de tempo de 2,8 minutos com desvio-padrão de 8,8 minutos, o que caracteriza uma distribuição significativamente dispersa em relação à média, com um coeficiente de variação de 3,15.

Utiliza-se o software SPSS 13.0 para executar o teste de aderência *Kolmogorov-Smirnov*, visando identificar a distribuição estatística que melhor se ajusta aos dados amostrais. Foi testado o ajuste à distribuição Normal com resultados satisfatórios, conforme Quadro 6.2.A.

Quadro 6.2.A

		VAR00001
N		500
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	2,8002
	Std. Deviation	8,83517
Most Extreme Differences	Absolute	,042
	Positive	,028
	Negative	-,042
Kolmogorov-Smirnov Z		,938
Asymp. Sig. (2-tailed)		,343

a. Test distribution is Normal.  
b. Calculated from data.

A probabilidade da estatística  $Z$  está acima de 0,05, significando que a distribuição Normal  $N(2,8; 8,83)$  é um bom ajuste para a variável aleatória **TEMPO EXCEDENTE A 120 MINUTOS**.

Os três testes de aderência – Qui-quadrado, Anderson Darling e Kolmogorov-Smirnov foram realizados também no software BestFit 4.5, com resultados satisfatórios nos níveis de significância desejados. Apenas o teste Qui-Quadrado não apresentou resultados favoráveis. Maior detalhamento sobre esses testes de aderência à Normal disponibiliza-se no Apêndice 4.

Padroniza-se a distribuição acima, através da transformação  $Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$

em sua correspondente  $N(0,1)$ , ou seja  $Z = \frac{X - 2,8}{8,83}$  e obtém-se a distribuição de

probabilidades para algumas faixas de tempo de duração do processo além dos 120 minutos desejados, conforme o Quadro 6.2.B.

**Quadro 6.2.B**

**REGIME MOVIMENTAÇÃO MÍNIMA (SPT)**

**tx atendimento  $N(2,5 ; 0,1667)$**

**tx entre chegadas exponencial  $\lambda=4$**

**Probabilidades de tempo de duração do processo além de 120 minutos**

Tempo excedente até (minutos)	Probabilidade (%)	Tempo excedente (minutos)	Probabilidade (%)
0	0,1	10	79,1
1	41,0	11	82,3
2	46,4	12	85,0
2,8	50,0	13	87,5
3	50,8	14	89,8
4	55,2	15	91,6
5	59,9	16	93,2
6	64,0	17	94,6
7	68,0	18	95,7
8	72,2	19	96,6
9	75,8	20	97,4

A decisão de manter a janela de tempo de duas horas deve considerar as probabilidades de ultrapassar a janela de tempo, conforme o Quadro 6.2.B. Esta

ultrapassagem é praticamente uma certeza, pois o atendimento nesta janela tem uma probabilidade de 0,1% de ocorrer.

A ser analisado ainda a distribuição da média amostral.

Segundo Montgomery e Runger (1999), para amostras oriundas de uma população normal, ou para amostras com  $n \geq 30$ , independente da forma da população, tem-se:

Para uma amostra aleatória com média  $\bar{X}$ , de tamanho  $n$ , de uma população com variância conhecida (ou desconhecida, com tamanho de amostra muito grande, neste caso  $n = 500 \Rightarrow S^2 \approx \sigma^2$ ), um intervalo de confiança de 95% ( $\alpha = 0,05$ ) será dado por  $\bar{X} - Z_{0,05/2} \sigma / \sqrt{n} \leq \mu \leq \bar{X} + Z_{0,05/2} \sigma / \sqrt{n}$ .

Consultada a tabela correspondente,  $Z_{0,025} = 1,960$ ,  $\sigma = 8,83$  e  $\bar{X} = 2,8$ , obtém-se o seguinte intervalo de confiança  $2,40 \leq \mu \leq 3,19$ . Pode-se assim, com 95% de confiança, esperar que a média dos atrasos além da janela de tempo situem-se neste intervalo.

Consideradas assim, as estatísticas referentes a este cenário, tido como mais provável, busca-se a construção de outros, também factíveis, e a avaliação das variáveis de desempenho nestas circunstâncias específicas.