

Otimização dos Processos para Levantamento e Informação dos Índices de Ociosidade de Recursos em Ambientes Distribuídos

Lourival A. Gois¹, Walter da C. Borelli²

¹Departamento de Informática, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

²Departamento de Telemática, FEEC, Universidade de Campinas (UNICAMP)

gois@utfpr.edu.br, borelli@dt.fee.unicamp.br

Abstract. This paper proposes the use of strategies for identification and information of idle resources in a distributed environment with centralized management system. The adopted approaches made possible the obtaining of load indexes without the momentary variations on the use conditions of the resource. This was possible through the use of exponential moving averages in the processing of the obtained temporary series. The knowledge of behavior tendencies in the utilization of the resource was fundamental for the elaboration of an information algorithm, used by owners to inform their idle resources to the environment manager. The results obtained by experiments confirm the efficiency of the proposed model through the reduction of the number of load indexes considered for transmission, and consequently, a significant decrease in the network traffic and in the amount of transactions processed by the manager.

Resumo. Este artigo propõe o uso de estratégias para a definição e informação da ociosidade de recursos em um ambiente distribuído com gerenciamento centralizado. As abordagens adotadas possibilitaram a obtenção dos índices de carga desconsiderando as flutuações momentâneas decorrentes das condições de uso do recurso. Isto foi possível através da suavização da série temporal de coletas a partir de médias móveis exponenciais. O reconhecimento de tendências de comportamento na utilização do recurso foi fundamental para a elaboração do algoritmo de informação, utilizado pelo proprietário para informar suas disponibilidades ao gestor do ambiente. Os experimentos apresentaram resultados que confirmam a eficiência do modelo proposto através da redução do número de índices de carga considerados para transmissão, promovendo com isto, uma diminuição significativa no tráfego de rede e na quantidade de transações processadas pelo gestor.

1. Introdução

A ociosidade é a quantidade disponível de um recurso em um determinado período e está relacionada com a aplicação que deseja utilizá-lo, ou seja, mesmo que seu índice de carga seja considerado alto, ainda poderá ser aproveitado para a execução de tarefas com pequena ou nenhuma perturbação no seu funcionamento normal [Branco 2004].

Para o sistema de gerenciamento de recursos de um ambiente distribuído, um recurso é considerado ocioso segundo o que seu proprietário considera ser [Dantas 2005]. Isto ocorre com a determinação de limiares para índices de carga e do mínimo necessário ao inicio do compartilhamento. Um recurso é considerado útil enquanto seu índice de carga permanecer abaixo do limite estabelecido em um determinado intervalo de tempo. Portanto, a definição do índice de ociosidade consiste em saber quando e por quanto tempo um recurso permanecerá ocioso.

Existem algumas formas de detectar a ociosidade de um recurso. A mais simples parte do pressuposto de que a ocupação no futuro próximo será a mesma que a atual [Mutka 1991]. Apesar de válida em algumas situações, perde em eficiência por não considerar perturbações transientes, normalmente relacionadas a alterações abruptas nos resultados dos índices de carga. Outra abordagem para este problema é considerar que os índices de carga seguem uma tendência única, possibilitando a inferência de valores futuros a partir de valores passados. No entanto, isto nem sempre resulta em resultados confiáveis em função do comportamento não determinístico na ocupação dos recursos em sistemas com grande quantidade de usuários [Coulouris et al. 2001].

Um mecanismo aceito em consenso pelos pesquisadores em sistemas distribuídos de larga escala, é o levantamento do índice de ociosidade baseado no cálculo de índices de ocupação e a sua transmissão sob freqüências predefinidas para um nó do sistema de gerenciamento, que as mantém armazenadas em memória ou em bancos de dados [Gong et al. 2003].

Uma deficiência deste mecanismo é que a confiabilidade das informações depende de atualizações em intervalos pequenos. Isto pode acarretar aumentos consideráveis na carga de CPU dos equipamentos envolvidos, bem como um acréscimo significativo no número de mensagens entre os componentes do sistema de gerenciamento [Kale et al. 2004].

As deficiências citadas e a necessidade de precisão nas estimativas dos índices de ociosidade levaram ao estudo e proposta de um método mais adequado para resolver o problema. O mecanismo proposto foi modelado a partir de estratégias adaptativas para levantamento e transmissão destes valores, baseado em análises das tendências encontradas nos históricos dos índices de carga e ociosidade, proporcionando assim, uma previsão a curto ou em médio prazo que represente de forma confiável, o comportamento dos recursos gerenciados pelo sistema distribuído.

2. Estratégias para Definição de Índices de Ociosidade

A observação da ocupação de um recurso em um intervalo de tempo produz uma seqüência numérica e ordenada temporalmente denominada série temporal ou função amostral. Por ser um fenômeno estatístico que se desenvolve no tempo de acordo com as leis de probabilidade, estas séries podem ser definidas como a realização de um processo estocástico, podendo ser exploradas para descrever, investigar e prever o comportamento deste recurso [Fuller 1996].

Esta observação pode ser formalizada como uma série temporal $\Omega_{r,f}$, representando a série histórica dos índices de carga ω_h do recurso r pertencente ao fornecedor f e pode ser descrita como uma seqüência temporal discreta e eqüidistante

com $h=(h, h+1, \dots, h+k)$ identificando o número da coleta em uma janela de análise de tamanho k , de tal forma que $\Omega_{r,f} = (\omega_h, \omega_{h+1}, \dots, \omega_{h+k})$. Através de $\Omega_{r,f}$ é gerada a série histórica dos índices de ociosidade $O_{r,f} = (o_h, o_{h+1}, \dots, o_{h+k}) = (100-\omega_h, 100-\omega_{h+1}, \dots, 100-\omega_{h+k})$.

Um item fundamental na análise de $O_{r,f}$ é a verificação de padrões em sua estrutura, e com isto, definir tendências em seu comportamento. A partir de uma tendência identificada, o sistema de gerenciamento poderá customizar os módulos de obtenção e informação de índices, para que calculem e transmitam somente valores considerados representativos.

A técnica utilizada para a definição da tendência do comportamento foi o método de suavização de séries temporais através da eliminação de picos ou flutuações momentâneas existentes a partir de médias móveis [Morettin e Toloi 2006]. Médias móveis são médias que se deslocam no tempo em uma janela de coletas de tamanho k . Este deslocamento acontece devido à entrada de novos índices de ociosidade em $O_{r,f}$ e consequentemente a saída dos índices mais antigos. A alteração do tamanho da janela possibilita o controle do volume de dados considerado.

Os tipos mais comuns de médias móveis são a simples e a exponencial, as quais serão detalhadas a seguir considerando-se que $x(r,f)$ é a média móvel para a ociosidade do recurso r no fornecedor f após um certo número de coletas dos índices de carga.

No cálculo da média móvel simples é atribuído o mesmo peso para todas as coletas, fazendo com que mudanças passadas tenham a mesma influência na média do que as recentes. Portanto

$$x_{simples_{h+k}} = \frac{1}{k} \times \sum_{h=1}^{h+k} o_h \quad (1)$$

onde $x_{simples}$ representa o índice de ociosidade médio após $h+k$ coletas e o_h a ociosidade identificada após a obtenção do h -ésimo índice de carga do recurso em uma janela de tamanho k .

Esta técnica pressupõe que as verificações anteriores às h consideradas, aproximam-se da distribuição normal e que a tendência pode ser rapidamente notada através da última janela analisada. Suas principais desvantagens são a impossibilidade de verificação de uma tendência forte desde o seu princípio, a formação da estimativa considerando o mesmo peso para todos os valores de ociosidade e a perda dos primeiros k índices de ociosidade.

A inserção da influência que os índices mais recentes possuem na composição da média de ociosidade, pode ser obtida através da atribuição de um peso δ reduzido exponencialmente da coleta mais recente para a mais antiga da janela considerada. Um tipo de média móvel estudado para o sistema de gerenciamento de recursos que utiliza a suavização exponencial para séries temporais é a média móvel exponencialmente ponderada, conforme observado na equação (2):

$$x_{exponencial_h} = x_{exponencial_{h-1}} + \delta \times (o_h - x_{exponencial_{h-1}}) \quad (2)$$

sendo $x_{exponencial_{h-1}}$ o valor anterior da média móvel exponencial, o_h a ociosidade coletada do recurso no instante h , $\delta=2/(y+1)$ o peso de redução, $y=1,2,..,k$ a posição da coleta dentro da série e k o tamanho da janela.

Está técnica é conhecida também como média móvel adaptativa por utilizar a posição da coleta dentro da janela como indicador de modificação de δ . Este princípio, adotado por *Perry Kaufman* em seu livro *Smarter Trading* [Kaufman 1995], faz com que seja atribuído pesos maiores aos dados mais recentes, fazendo com que este tipo de média responda mais rapidamente às variações dos índices de ocupação do recurso. Essa característica permite que seja utilizada na previsão de curto e médio prazo.

3. Definição do Algoritmo para Informação de Índices de Ociosidade

Esta seção descreve o algoritmo elaborado segundo as estratégias apresentadas visando prover as funcionalidades necessárias para que os fornecedores possam informar os índices de ociosidade ao gerente de recursos do ambiente distribuído. Detalhes sobre o mesmo são apresentados no Pseudocódigo 1.

Pseudocódigo 1 – Algoritmo para Informação de Índices de Ociosidade

```

01   L //limite para início do compartilhamento
02   T //índice de tolerância para transmissão da média
03   obter periodoCompartilhamento
04   transmissão ← sim //controle de transmissões
05   I ← 1 //número de índices não transmitidos
06   enquanto (periodoCompartilhamento)
07     obter  $\omega_h(r,f)$  // índice de carga atual
08     obter  $o_h(\omega_h) \times \varphi r$  // índice de ociosidade atual normalizado
09     obter  $x_h$  // índice de ociosidade médio atual
10     se ( $x_h < L$ )
11       se (transmissão)
12         enviar( $x_h$ )
13         I ← 1
14         transmissão ← não
15       senão
16         I++
17       fim-se
18     senão
19       se ( $x_h < x_{h-1} - (x_{h-1} * T)$ ) ou ( $x_h > x_{h-1} + (x_{h-1} * T)$ )
20         enviar( $x_h$ )
21         I ← 1
22         transmissão ← sim
23       senão
24         I++
25       fim-se
26     fim-se
27   fim-enquanto

```

Após a obtenção do índice de carga ω e da normalização da ociosidade o a partir de $\varphi r = \beta r / \beta R$, sendo βr o desempenho r e βR o desempenho do melhor recurso do mesmo tipo de r no ambiente, o mesmo é acrescentado à série $O_{r,f}$ para que a média móvel utilizada forneça o índice de ociosidade médio x_h .

A transmissão de x_h será condicionada ao limite de compartilhamento L estabelecido para a utilização do recurso. Se o valor obtido estiver acima deste limite, o mesmo será comparado com a média anterior, efetuando sua transmissão somente se estiver abaixo do limite inferior de tolerância ou acima do limite superior de tolerância obtido a partir de T em relação à última média gerada x_{h-1} . Se o valor obtido estiver abaixo do limite, será transmitido somente o índice gerado no momento de entrada nesta condição, evitando com isto, transmissões desnecessárias para o sistema de gerenciamento.

O valor de I representa quantas vezes x_h deixou de ser transmitido por estar incluso na faixa estabelecida pelo índice de tolerância. O tempo que um recurso permaneceu em situação estável, abaixo ou acima do limite de compartilhamento é obtido multiplicando-se I pelo intervalo de tempo adotado entre cada coleta.

4. Avaliação das Estratégias para Obtenção de Índices de Ociosidade

Por intermédio de um módulo coletor de índice de carga implementado a partir da linguagem C++ para o sistema operacional Windows XP, foram coletados 7000 índices de carga da CPU de um equipamento em intervalos de cinco segundos. O critério de escolha do equipamento para as análises foi a variação encontrada em seus índices de carga. Isto permitiu mostrar a complexidade do estudo de tendências na série de ociosidade visando a identificação de padrões de comportamento, conforme observado na Figura 1.

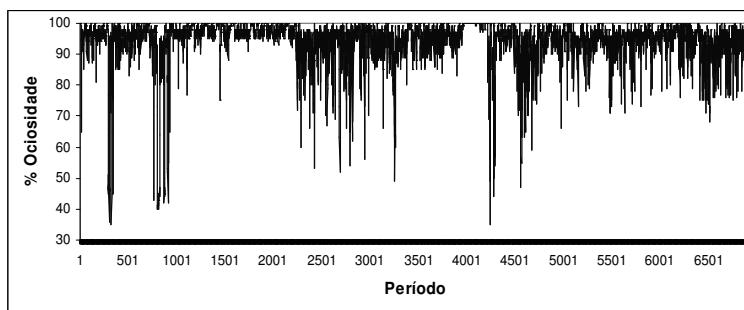


Figura 1 - Visualização dos índices de ociosidade coletados ($O_{r,f}$)

Com a implementação do mecanismo proposto, foi possível a geração das médias dos índices de ociosidade e avaliação das vantagens e desvantagens na utilização das estratégias apresentadas na seção 2.

As Figuras 2 a 5 mostram a aplicação da técnica de suavização a partir da média móvel x_{simple} e as diferenças na visualização dos índices médios gerados a partir de janelas de tamanhos k variando entre 10 a 80 coletas.

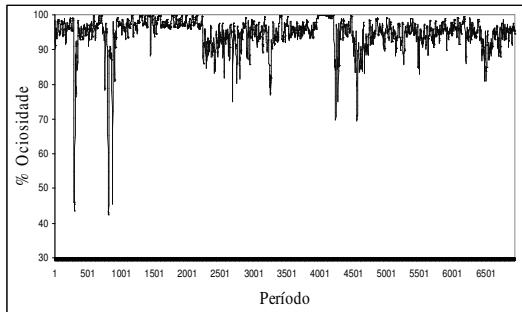


Figura 2 - $x_{simples}$ com $k = 10$

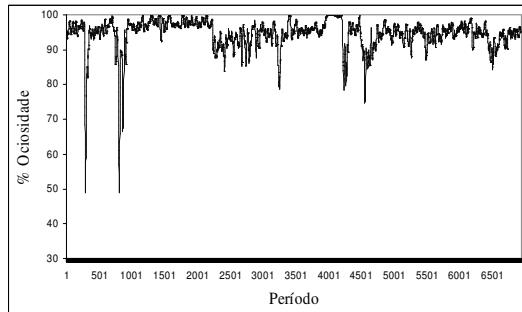


Figura 3 - $x_{simples}$ com $k = 20$

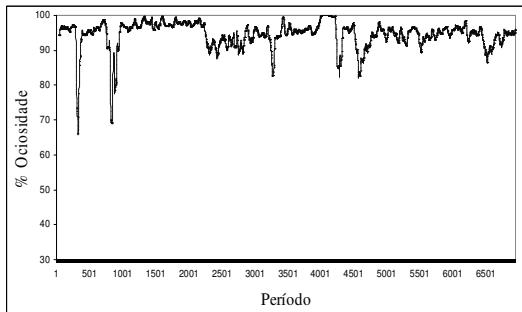


Figura 4 - $x_{simples}$ com $k = 40$

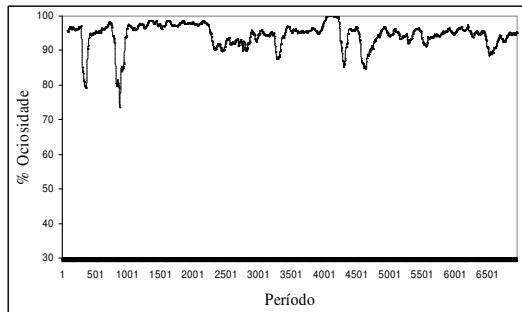


Figura 5 - $x_{simples}$ com $k = 80$

A aplicação da suavização utilizando médias móveis simples nas amostras coletadas apresentou variações significativas nas flutuações de ociosidade em relação à série original O_{rf} para k maior que 80. A tendência original da ociosidade entre 90 a 95% pode ser constatada mesmo nas janelas maiores, entretanto, a interpretação de padrões de ociosidade, como o verificado nas cargas elevadas de processamento apresentadas nas primeiras 1000 coletas exibidas na Figura 1, poderá induzir indevidamente a escolha deste equipamento para a execução de uma determinada tarefa pelo sistema de gerenciamento. No entanto, seu bom desempenho para janelas menores aliado à baixa intrusão na carga computacional provocada por esta técnica no recurso analisado, são pontos favoráveis na sua escolha pelo algoritmo de levantamento e informação de recursos.

A segunda técnica de suavização utilizada foi $x_{exponencial}$. As diferenças nas séries de ociosidade geradas a partir de janelas com tamanhos variando entre 10 a 80 coletas podem ser vistas nas Figuras 6 a 9.

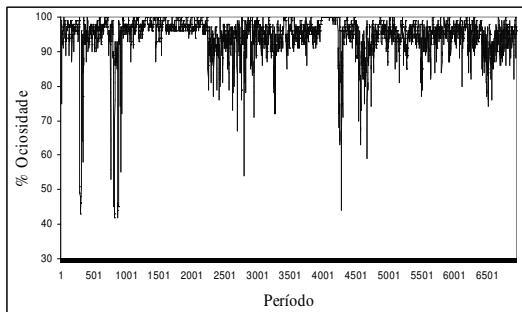


Figura 6 - $x_{exponencial}$ com $k = 10$

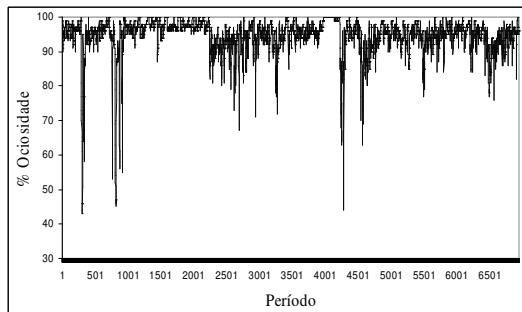


Figura 7 - $x_{exponencial}$ com $k = 20$

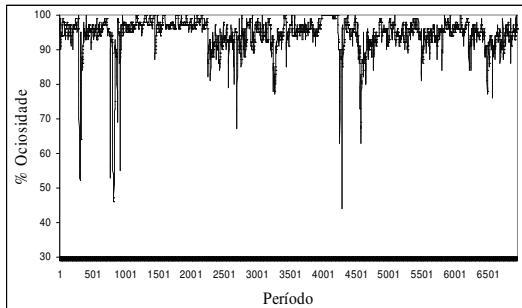


Figura 8 - $x_{\text{exponencial}}$ com $k = 40$

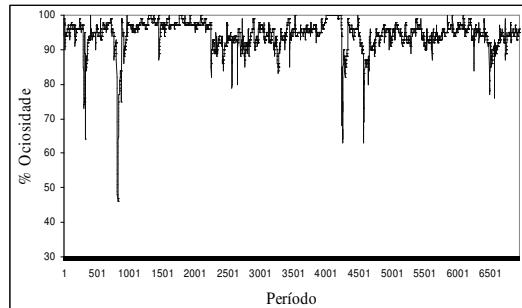


Figura 9 - $x_{\text{exponencial}}$ com $k = 80$

A aplicação da suavização utilizando médias móveis exponenciais nas amostras coletadas mostrou-se mais confiável em função de que, mesmo para as janelas com tamanhos elevados foi possível a observação de grande parte das flutuações originais exibidas na Figura 1, o que não ocorreu nas análises das médias móveis simples. Com o uso da tendência apresentada por esta técnica, associada à presença destas variações ainda que em menor grau em função do aumento no tamanho da janela, fica claro que sua aplicação será mais apropriada para os mecanismos de busca e alocação de recursos do ambiente distribuído.

Outra forma de se verificar a eficiência dos dois tipos de médias móveis utilizadas é o cálculo dos erros apresentados pelas mesmas, em relação às condições reais de uso do recurso [Morettin e Toloi 2006].

O erro existente em um determinado instante de coleta pode ser obtido com a equação (7).

$$e_h = O_{h-1} - x_h \quad (7)$$

onde e_h representa a diferença entre o valor do último índice de ociosidade obtido e o valor gerado através de $x(r,f)$ para o recurso r do fornecedor f no instante h .

O erro absoluto médio \bar{e} pode ser calculado através da equação (8).

$$\bar{e} = \frac{\sum_{h=1}^n |e_h|}{n} \quad (8)$$

sendo n o tamanho da série analisada.

A Figura 10 apresenta a comparação entre os erros absolutos médios obtidos na aplicação das técnicas de suavização utilizando x_{simples} ou $x_{\text{exponencial}}$ na série O_{rf} mostrada na Figura 1.

A média móvel simples possui uma relação de erro maior do que a apresentada pela média móvel exponencial. Isto ocorre porque a primeira atribui o mesmo peso para todos os índices coletados. A segunda utiliza um coeficiente δ que pondera os pesos de cada amostra de acordo com sua posição na janela e ainda, utiliza a média anterior em seu cálculo, o que ajuda a conservar uma tendência forte ou flutuações persistentes desde o início de sua ocorrência.

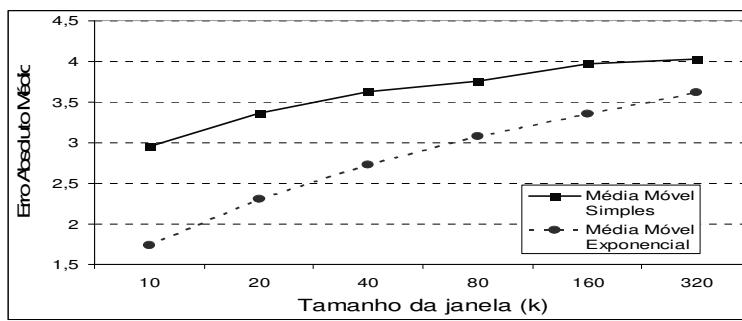


Figura 10 - Comparação entre os erros absolutos médios para $x_{simples}$ e $x_{exponencial}$

A escolha do mecanismo apropriado pelo fornecedor do recurso e pelo gestor do sistema de gerenciamento permite o uso mais adequado da série $O_{r,f}$ pelo algoritmo de informação, através do ajuste no nível de descarte das flutuações dos índices de ociosidade, reduzindo desta forma, os desperdícios ou erros na alocação do recurso.

5. Avaliação das Estratégias para Informação de Índices de Ociosidade

Nesta seção são apresentados os experimentos realizados para avaliar o módulo de *Informação* do mecanismo proposto, utilizado pelos fornecedores de recursos para a transmissão de suas ociosidades para o sistema de gerenciamento do ambiente distribuído. Foram efetuadas coletas dos índices de carga em um parque de equipamentos com diferentes configurações. As coletas foram realizadas a intervalos fixos em um período de 24 horas.

Para exemplificar o comportamento do mecanismo de coleta, suavização e transmissão dos índices de ociosidade, os resultados apresentados estão focados nas médias de utilização dos processadores dos equipamentos em virtude das variações apresentadas pelos mesmos em seus índices de carga. Estas alternâncias entre períodos de ociosidade e de ocupação foram considerados representativos por forçar o componente proposto a desempenhar seu papel sob diferentes condições.

A Figura 11 representa a distribuição dos índices de ociosidade gerados a partir de 10.864 coletas de índices de carga, obtidas a intervalos de cinco segundos. A transmissão destes índices na mesma freqüência da obtenção dos índices de carga causaria um aumento significativo na carga de processamento do fornecedor, assim como, uma transmissão excessiva de informações para o sistema de gerenciamento, o que iria aumentar o número de requisições ao banco de dados e o consumo de banda na infra-estrutura de interconexão.

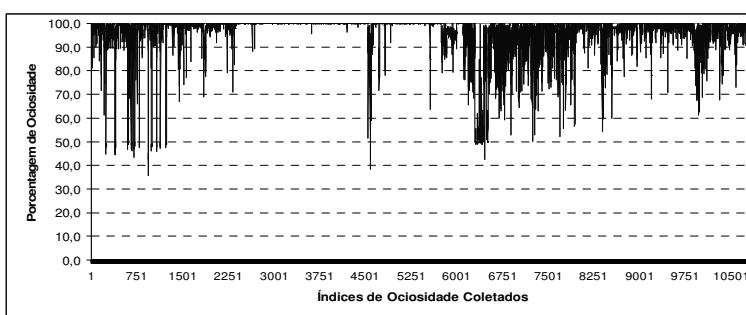


Figura 11 - Comportamento dos índices de ociosidade $O_{r,f}$ no período coletado

Visando minimizar os problemas relacionados ao consumo de banda e sobrecarga no gerenciador de bancos de dados, foi inserido no mecanismo um procedimento visando a eliminação das flutuações momentâneas dos índices de ociosidade. Como concluído seção 4, esta operação é executada através da utilização da média móvel exponencial, ajustando a janela para 40 coletas. Este valor foi escolhido por fornecer uma previsão de curto prazo de um índice candidato a ser transmitido pelo módulo de *Informação*. A Figura 12 mostra o resultado obtido a partir desse processo de suavização.

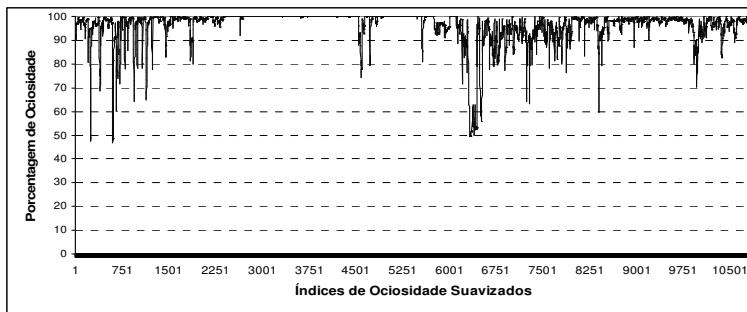


Figura 12 - Suavização dos índices de ociosidade com $x_{exponencial}$ e $k=40$

O processo de suavização elimina grande parte das flutuações observadas na Figura 11, mantendo as tendências de utilização do recurso. É possível reconhecer a alternância nos períodos de ocupação, o que permite ao módulo de *Informação* adotar critérios que auxiliem o algoritmo apresentado no Pseudocódigo 1, a optar pela freqüência mais apropriada para a transferência dos valores levantados. A transferência será efetuada com freqüência mais alta nos momentos onde a utilização do recurso for flutuante e mais baixa quando se mantiver constante.

Considerando uma janela de tamanho $k=40$, tem-se que o primeiro índice de ociosidade relevante será repassado ao módulo de *Informação* após 200 segundos. Entretanto, para os próximos fará uso de dois critérios para decidir a necessidade de suas transmissões:

1. Verificar se o índice está abaixo ou acima do limite para o compartilhamento do recurso L ;
2. Verificar se o índice encontra-se abaixo ou acima da faixa gerada pelo índice de tolerância de transmissão T .

O algoritmo apresentado no Pseudocódigo 1 foi submetido a cinco cenários com diferentes índices de tolerância, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados obtidos a partir da variação do índice de tolerância ($L=0$)

Cenário	T (%)	Número de índices transmitidos	Intervalo médio de transm. (seg)	Índice de ociosidade médio	\bar{e}
1	0,0	6780	7,6	95,4	2,83
2	2,5	295	183,7	90,6	7,34
3	5,0	186	290,5	89,5	8,67
4	7,5	155	348,2	89,5	9,16
5	10,0	132	408,4	89,1	9,17

A análise da Tabela 1 mostra que o número de transmissões diminui significativamente com o aumento do índice de tolerância (T) em comparação com o número de índices coletados. Esta redução demonstra o cumprimento dos objetivos do mecanismo, ou seja, a redução do tráfego na infra-estrutura de interconexão e consequentemente, no número de requisições ao banco de dados. Entretanto, observa-se também um aumento no erro absoluto médio \bar{e} , o que deverá ser avaliado pelo gerenciador de recursos para que suas decisões não venham a induzir alocações indevidas.

Os cenários foram criados considerando que os fornecedores compartilham seus recursos a partir de qualquer índice de ociosidade ($L=0$). No entanto, para $L>0$ o número de índices transmitidos será menor em virtude do reconhecimento dos estados de indisponibilidades do recurso.

Outra funcionalidade provida pelo algoritmo de informação é o ajuste dos intervalos entre as transmissões I , a partir do reconhecimento de uma tendência na ociosidade do recurso. Quanto maior for o tempo de duração desta tendência, maior será o tempo até a próxima transmissão.

Como mostrado na seção 3, uma tendência pode ser delimitada a um intervalo gerado pelo índice de tolerância, fazendo com que o número de transmissões diminua com o aumento do mesmo. Para evidenciar a dispersão das transmissões no período observado, foram gerados os gráficos apresentados pelas Figuras 13 a 17.

Ressaltando que o intervalo de coleta foi de cinco segundos, observa-se que para o *Cenário 1*, com limite de tolerância igual a zero, as 6780 transmissões dispersas entre 5 a 25 segundos ($I=1$ a $I=5$), com tempos maiores nos momentos em que o algoritmo detectou a continuidade de tendências no comportamento da ociosidade do recurso, conforme pode ser visto na Figura 13.

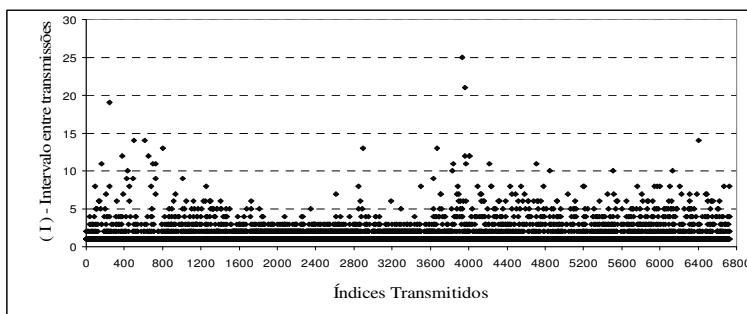


Figura 13 - Dispersão nos intervalos entre as transmissões sem o índice de tolerância

Analizando as Figuras 14 a 17, observa-se uma dispersão crescente dos índices transmitidos com o aumento do índice de tolerância (T), para intervalos de transmissão oscilando entre 5 segundos a 43 minutos ($I=1$ a $I=520$). Considerando que o valor de \bar{e} permaneceu entre 2,83 e 7,34 com a variação de T entre 0 a 2,5%, ficou claro que para este caso a configuração deste índice dentro desta faixa é a melhor opção para a redução no número de transmissões, sem prejudicar a confiabilidade nos estados de ocupação dos recursos compartilhados.

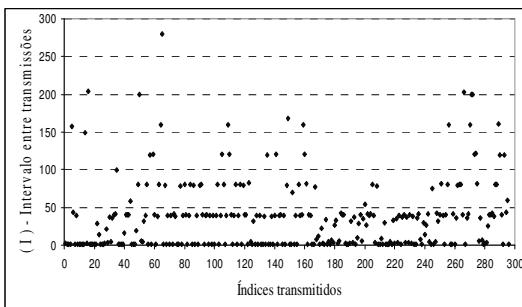


Figura 14 - Dispersão nos intervalos entre as transmissões T=2,5%

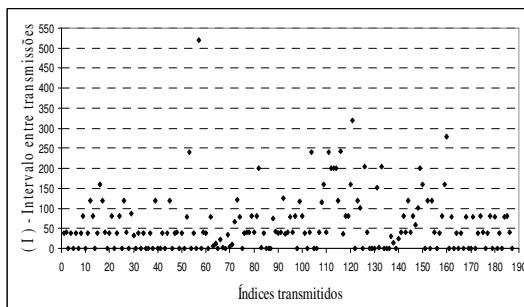


Figura 15 - Dispersão nos intervalos entre as transmissões com T=5,0%

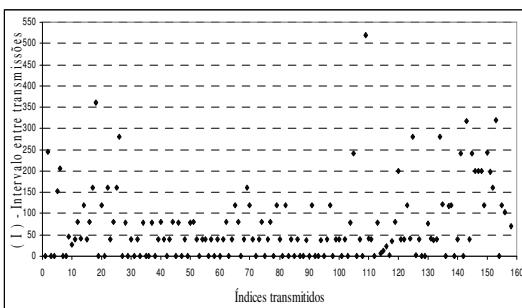


Figura 16 - Dispersão nos intervalos entre as transmissões com T=7,5%

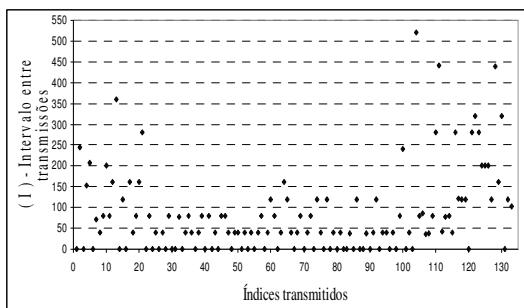


Figura 17 - Dispersão nos intervalos entre as transmissões com T=10,0%

6. Conclusão

Neste artigo foi abordado o gerenciamento de recursos pelos componentes de ambientes computacionais distribuídos com hierarquia centralizada. Foi proposto e avaliado um mecanismo utilizado pelos fornecedores que identifica e informa suas disponibilidades para compartilhamento visando minimizar o volume de dados gerados em um intervalo de coletas. Para isto, foram aplicadas técnicas de suavização em séries temporais a partir de médias móveis simples e exponenciais, sendo que a última apresentou resultados que viabilizaram a adoção da mesma na eliminação das flutuações momentâneas nos índices de carga mantendo as tendências originais. A série temporal suavizada resultante deste procedimento foi utilizada pelo algoritmo de informação para otimizar o processo de transmissão dos índices de ociosidade. Isto foi possível através da seleção dos índices a serem enviados a partir de faixas de tolerância, o que resultou em uma redução significativa no número de mensagens trocadas entre os fornecedores dos recursos e seus gerentes dentro do ambiente distribuído.

7. Referências

- Branco, K.R.L.J.C. (2004). “Índices de Carga de Desempenho em Ambientes Paralelos/Distribuídos – Modelagens e Métricas”, Tese de Doutorado. USP – São Carlos – SP.
- Coulouris, G., Dollimore, J. e Kindberg, T. (2001) “Distributed Systems: Concepts and Design”, Addison-Wesley.
- Dantas, M. (2005) “Computação Distribuída de Alto Desempenho: Redes, Clusters e Grids Computacionais”, Editora Axcel Books do Brasil.

- Fuller, W. A. (1996) "Introduction to statistical time series". New York: John Wiley and Sons Ltd.
- Gong, Y., Dong, F., Li, W. e Xu, Z. (2003) "VEGA-Infrastructure for Resource Discovery in Grids". Journal of Computer Science Technology, Volume 18, Número 4, p. 413-422, 2003.
- Kale L. V., Kumar S., Potnuru M., DeSouza J., and Bandhakavi S. (2004) "Faucets: Efficient Resource Allocation on the Computational Grid", International Conference on Parallel Processing (ICPP 2004).
- Kaufman, P. (1995) "Smarter Trading: Improving Performance in Changing Markets (Hardcover)", McGraw-Hill, 1^a Edição.
- Morettin, P. A. e Toloi, C. M. (2006) "Análise de Séries Temporais", São Paulo: Edgard Blücher.
- Mutka, M. W. (1991) "An examination of strategies for estimating capacity to share among private workstations", ACM Symposium on Small systems (SIGSMALL/PC), Toronto, Canada.
- Shumway, R. H. e Stoffer, D. S. (2001) "Time Series Analysis and its Applications". NY: Springer-Verlag.