

INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

**Gerenciamento de Redes Autônomicas e
Cognitivas**

H. Freitas V. Oliveira

Technical Report - IC-16-00 - Relatório Técnico

November - 2016 - Novembro

The contents of this report are the sole responsibility of the authors.
O conteúdo do presente relatório é de única responsabilidade dos autores.

Gerenciamento de Redes Autônomicas e Cognitivas

Humberto Silva Galiza de Freitas*

Vitor Correa Oliveira[†]

Resumo

Este trabalho é um relatório técnico de um projeto temático desenvolvido na disciplina MOB655 - Gerência de Redes de Computadores, sobre Redes Autônomicas e Cognitivas. A inspiração da computação autônômica vem do sistema nervoso autônomo dos animais, elemento que atua na coordenação e regulação das atividades corporais de uma maneira inteligente e inconsciente. A aplicação dos princípios da computação autônômica no gerenciamento de redes de computadores tem como objetivo elevar a atuação humana no gerenciamento da rede ao nível estratégico, no qual o administrador é responsável apenas pela emissão das regras do negócio e objetivos a serem atingidos pela rede. No nível operacional, as redes autônomicas são capazes de se auto-organizar, através da automatização da configuração dos seus componentes, buscando a melhoria do seu desempenho e eficiência, realizando a detecção, diagnóstico e reparo de problemas em software e hardware, e sobretudo mantendo a integridade da rede em caso de ataque ou sobrecarga.

1 Introdução

A inspiração da computação autônômica vem do sistema nervoso autônomo dos animais, elemento responsável pela maioria das funções vitais de controle de um organismo vivo. Esse sistema atua na coordenação e regulação das atividades corporais de uma maneira inteligente e inconsciente.

Exemplos da atuação desse sistema são os movimentos involuntários dos tecidos do coração, dos músculos do sistema respiratório, e bem como as reações automáticas desencadeadas pelo corpo humano em resposta a alterações ambientais, tais como a presença de luz e variações de temperatura, de modo a manter o seu equilíbrio. A Figura 1 mostra alguns exemplos de ações desempenhadas pelo sistema nervoso autônomo no corpo humano.

O conceito de computação autônômica foi apresentado inicialmente pela IBM em 2001 [3], e indicava que o crescimento na complexidade e heterogeneidade de gerenciamento dos ambientes computacionais consistia no principal problema a ser atacado pela computação autônômica.

Assim, a computação autônômica pode ser descrita como um sistema capaz de se auto-organizar conforme as regras de negócio e objetivos definidos pelos administradores [4].

*Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), Av. Dr Andre Tosello, 209, 13083-886, Campinas, SP.

[†]Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas, 13081-970, Campinas, SP.

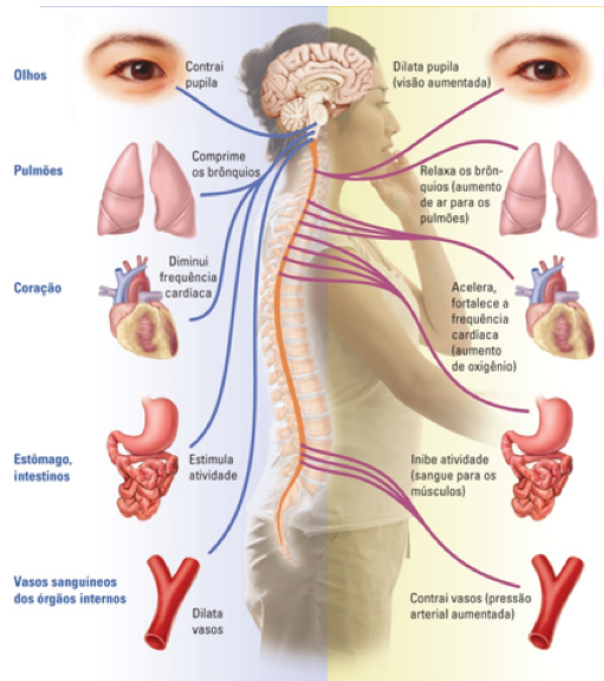


Figura 1: Sistema nervoso autônomo humano.

Para alcançar esse nível de auto-gerenciamento, quatro áreas básicas devem ser atendidas: auto-configuração (*Self-Configuration*), auto-otimização (*Self-Optimization*), auto-cura (*Self-Healing*) e auto-proteção (*Self-Protection*).

1.1 Princípios e Terminologia

Os princípios que norteiam os sistemas autônômicos foram inicialmente descritos no trabalho de *Paul Horn* [3], cientista e vice-presidente de pesquisa da IBM, em março de 2001, na Academia Nacional de Engenheiros de Havard.

Segundo o autor, quatro peças fundamentais compõem os requisitos para o auto-gerenciamento de um sistema autônômico, a saber:

- **Auto-Configuração (*Self-Configuration*)** - Os sistemas autônômicos devem possuir a capacidade de configurar e reconfigurar-se de acordo com variações externas, previstas ou não. A auto-configuração não deve se limitar à capacidade de um sistema configurar cada dispositivo isoladamente, mas deve ser capaz de prover o ajuste de configuração dos dispositivos dinamicamente.
- **Auto-Otimização (*Self-Optimization*)** - Os sistemas autônômicos devem sempre estar em busca de otimização de seu trabalho, identificando novas oportunidades de aperfeiçoamento do seu trabalho, com melhor desempenho ou menor custo utilizando os mesmos recursos disponíveis.

- Auto-Cura (*Self-Healing*) - Os sistemas autônômicos devem possuir capacidade de recuperar-se quanto atingidos por eventos que venham prejudicar o seu bom funcionamento, assim como detectar e aplicar soluções para que os problemas sejam corrigidos.
- Auto-Proteção (*Self-Protection*) - Os sistemas autônômicos devem possuir um bom conhecimento sobre o ambiente que está a sua volta, a fim de inteirar-se com sistemas próximos, de forma a se antecipar a problemas baseando-se na correção de dados e/ou estudo dos seus estudos anteriores. A Auto-Proteção também pode estar associada à capacidade de reconhecer e lidar com condições de sobrecarga que possam comprometer a integridade do sistema.

Além disso, os sistemas autônômicos devem possuir um bom conhecimento sobre o ambiente que está a sua volta a fim de inteirar-se com sistemas vizinhos e com o ambiente que o cerca. Essa propriedade é denominada Auto-Consciência (*Self-Awareness*).

Espera-se de um sistema autônômico a possibilidade de propor novas soluções de acordo com o estado atual do ambiente gerenciado, mesmo que não existam pré-configurações para tal estado. Por isso, na literatura, há uma diferenciação entre sistema automático e sistema autônômico.

Em linhas gerais, um sistema automático é capaz de reagir a mudanças de contexto de um conjunto de estados pré-definidos, e geralmente esse tipo de sistema está vinculado ao conceito de automação. Por outro lado, um sistema autônômico deve se auto-configurar mesmo em situações não previsíveis, de forma a tentar manter o desempenho, mesmo com falhas, não se contentando com o *status quo* [5].

2 Gerenciamento de Redes Autônômicas

Quando se fala em sistemas autônômicos podemos fazer um paralelo com o corpo humano, pois, este possui diversos sistemas (ex: respiratório, digestivo, etc.) compostos por órgãos do qual estão interconectados. Já os sistemas autônômicos possuem diversos componentes, físicos ou lógicos, com importantes funções e com a finalidade de exercerem bem seu papel para que o todo funcione de forma perfeita.

Os sistemas, em sentido amplo, com o passar do tempo tendem a evoluir fazendo com que fique cada vez mais complexo seu processo de gerenciamento além de dificultar manutenção da qualidade dos serviços oferecidos. Nesse sentido, uma rede de computadores pode ser caracterizada como um ambiente com alto nível de complexidade, dinâmico, pouco confiável e de larga escala. A complexidade em seu gerenciamento está exatamente atrelada à necessidade crescente de prover disponibilidade e heterogeneidade simultaneamente ao suporte ao seu crescimento contínuo.

Assim, a ideia de redes de computadores com capacidade de auto-gerenciamento, diminuindo a função ativa do administrador (ser humano) e o passando para uma função de supervisão encontra lugar através da aplicação dos princípios da computação autônômica no gerenciamento desses ambientes.

2.1 Estudo comparativo

Traçando-se um paralelo entre a computação atual e a computação autônoma, temos que tradicionalmente o modelo atual de gerenciamento em computação é composto de:

- Um centro de dados corporativos (*Data Center*) com múltiplos fornecedores de equipamentos.
- Processo manual de instalação, configuração e integração de sistemas, que está sujeito a erros devido ao fator humano.
- Processo manual de parametrização de sistemas, com aumento considerável de valores a cada nova versão.
- Processo complexo de detecção de problemas em ambientes complexos, que pode levar semanas até serem encontrados pela equipe de gerenciamento e operação.
- Monitoramento e recuperação manual de ataques.

Por outro lado, a computação autônoma provê mecanismos de automatização de processos de monitoramento seguindo políticas de alto nível, e, sobretudo, a inferência de ações através da análise de execuções anteriores. Assim, o modelo autônomo de gerenciamento traz como destaques:

- Procedimentos de configuração automatizada de componentes e sistemas seguindo uma política de alto nível.
- Componentes em busca contínua pela melhoria de desempenho e eficiência.
- Detecção, diagnóstico e reparo de problemas em software e hardware.
- Implementação de mecanismos de defesa contra ataques maliciosos e falhas em cascata.
- Antecipação a falhas através de alertas.

Em resumo, o gerenciamento autônomo no contexto de redes de computadores caracteriza-se por cada elemento da rede conseguir gerenciar a si próprio, capacidade de recolher informações dos seus pares, além de possuírem capacidade de aprendizado através de sua experiência. Este último fator é um ponto que separa os sistemas autônomos dos autônomos.

2.2 Níveis de Automaticidade

O gerenciamento dos sistemas evolui de forma gradativa, variando desde o nível mais Básico em que o processo de gerenciamento é inteiramente manual e mais propenso a erros, até o nível autônomo em que as ações são realizadas baseadas em diversas variáveis como o auto-conhecimento e as lições aprendidas.

No entanto, as evoluções do paradigma autônomo devem ser feitas de maneira progressiva, ou seja, são necessárias atualizações de softwares, ferramentas e processos, o que leva

	Basic Level 1	Managed Level 2	Predictive Level 3	Adaptive Level 4	Autonomic Level 5
Characteristics	Multiple sources of system generated data	Consolidation of data and actions through management tools	System monitors, correlates and recommends actions	System monitors, correlates and takes action	Integrated components dynamically managed by business rules/policies
Skills	Requires extensive, highly skilled IT staff	IT staff analyzes and takes action	IT staff approves and initiates actions	IT staff manages performance against SLAs	IT staff focuses on enabling business needs
Benefits		Greater system awareness Improved productivity	Reduced dependency on deep skills Faster/better decision making	Balanced human/system interaction IT agility and resiliency	Business policy drives IT management Business agility and resiliency
Manual					Autonomic

Figura 2: Níveis de automaticidade [5].

um certo tempo de maturação, e deve ser feito de forma planejada e cuidadosa. Durante este período de maturação devem ser resolvidos alguns desafios com relação ao paradigma autônomico como por exemplo as variáveis de diferentes origens que um sistema pode ter que equacionar para resolver um determinado problema.

A seguir serão apresentados os níveis de gerenciamento no contexto de redes de computadores.

2.2.1 Básico

Nesse nível, a gerência é caracterizada por processos manuais, em que os administradores do sistema devem ser os responsáveis pela configuração, monitoramento e correção nos casos de falhas.

Entre os pontos negativos se destacam:

- A necessidade de manter um extenso time de profissionais para manter os sistemas.
- A reatividade do processo, já que as ações são todas manuais.

Há que se destacar que a eficiência neste nível é mensurada pelo tempo utilizado pelo administrador nas soluções dos problemas. Em linhas gerais, esse processo é bastante rudimentar apesar de ser ainda comumente encontrado nas organizações.

2.2.2 Gerenciado

O nível gerenciado é caracterizado pela presença de tecnologias de gerenciamento de sistemas, com isso a coleta de informações é feita através do próprio sistema e são utilizadas para planejamento e tomada de decisões futuras dos administradores de sistemas. Neste nível as informações são documentadas e são melhoradas no decorrer do tempo.

Entre os pontos negativos se destacam:

- A reatividade do processo, já que as ações são todas manuais.

A eficiência neste nível é mensurada através do tempo em que o sistema está disponível e tempo necessário para encerrar possíveis problemas ou requisições.

2.2.3 Preditivo

O terceiro nível de gerenciamento é marcado pela comunicação entre diversos elementos de um sistema através de tecnologias e protocolos que abarquem a maior quantidade possível de dispositivos. Os administradores são melhores auxiliados neste modelo, pois o processo é pró-ativo. Existe um ciclo de aprovação menor e as ferramentas existentes analisam e sugerem recomendações para os dispositivos.

A eficiência neste nível é mensurada através da disponibilidade dos sistemas, de Acordo(s) de Nível(is) de Serviço(s) (ANS) (do inglês, *Service Level Agreements* - SLA), e avaliação dos clientes do serviço.

2.2.4 Adaptativo

No nível adaptativo pode-se dizer que há uma interligação com o nível anterior, preditivo, e também podemos considerar que esta é a última etapa antes de um gerenciamento totalmente autônomo verdadeiramente uma vez que os sistemas podem realizar ações automaticamente baseando-se no conhecimento obtido do que está acontecendo e do ambiente que o cerca.

As ações executadas neste nível devem seguir um ANS, uma vez que são utilizadas ferramentas de gerenciamento que são baseadas em políticas.

A avaliação de eficiência neste nível será similar com a do nível anterior, ou seja, satisfação de clientes, atendimentos de ANS e tempo de resposta com relação aos sistemas, mas com um fator diferencial que será a contribuição dos serviços de TI para o sucesso de negócio.

2.2.5 Autônomo

Este é o nível mais elevado que um sistema pode chegar, uma vez que existe por completo o auto-gerenciamento. O sistema é gerenciado por políticas e objetivos de negócio. Neste caso, o administrador do sistema possui a atribuição de monitoramento do processo como um todo e quando julgar necessário pode alterar os objetivos a serem atingidos.

Neste último nível são aplicadas todas as melhores práticas para o gerenciamento de TI. Além disso, devido ao fato destas serem automatizadas, são levados em conta também pelas ferramentas de análise os custos e a análise de compromissos.

A eficiência no nível mais elevado de autonomicidade é feito de acordo com o sucesso do negócio, das métricas de ANS e das taxas de retorno do negócio.

2.3 O Elemento Autônomo

O Elemento Autônomo (EA) é a menor parte de um sistema autônomo, e este pode estar presente em diversos dispositivos que proveem serviços para outros elementos autônomos

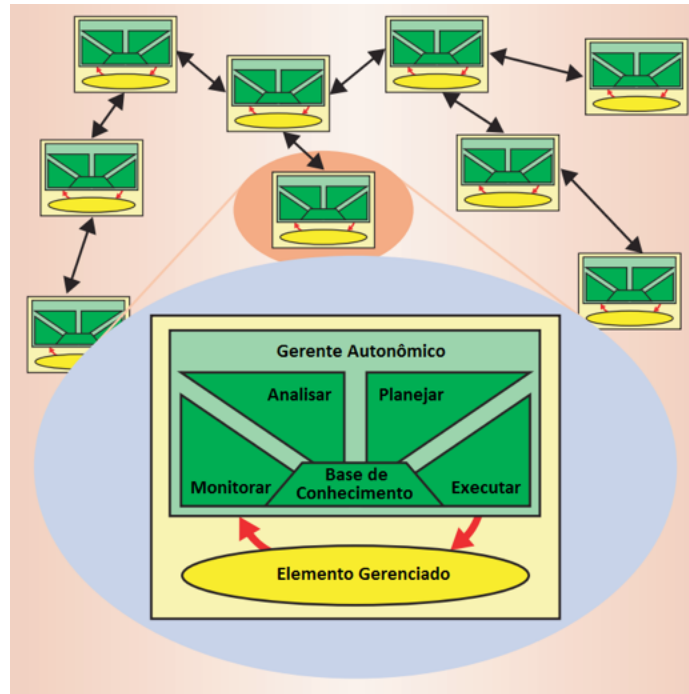


Figura 3: Gerenciamento do elemento autônomo [3].

ou seres humanos. Uma das características de um elemento autônomo é o fato deste possuir um único gerente responsável pelo monitoramento dos elementos gerenciados.

Em uma rede autônoma existem diversos componentes que possuem a capacidade de se controlar e monitorar, neste cenário cada elemento autônomo deverá atuar para promover da melhor forma possível os recursos do componente na rede da qual está inserido e tudo isso sem diminuição da qualidade de serviço.

2.4 Gerenciamento do Elemento Autônomo

Há um modelo genérico proposto por [3] em 2003, que propôs uma versão automatizada do ciclo de gerenciamento de sistemas chamado de *MAPE-K* Monitoração, Análise, Planejamento, Execução e Base de Conhecimento (do inglês, *Monitor, Analyse, Plan, Execute, Knowledge*), representado na Figura 3.

Este modelo está sendo cada vez mais utilizado para inter-relacionar os componentes arquiteturais dos sistemas autônicos. De acordo com essa arquitetura, um sistema autônomo é formado por um conjunto de elementos autônicos, em que cada elemento autônomo deverá conter uma base de conhecimento para armazenar as seguintes informações: dados, parâmetros e limitadores.

Neste modelo o gerente do elemento autônomo descrito anteriormente deverá percorrer continuamente as informações referentes ao monitoramento e a análise dos dados internos e externos dos elementos gerenciados.

2.4.1 Monitoração

Quando se fala em gerenciamento é fundamental o processo de monitoramento, pois não é possível gerenciar algo que não se tenha conhecimento. Nesta etapa são aplicados os serviços de auto-conhecimento e auto-consciência, este indica que o componente gerenciado deve conhecer os que estão ao seu redor, ou seja, sua vizinhança, já aquele deverá conhecer a si próprio e seus componentes.

Um bom exemplo de monitoramento em ambientes tradicionais são os de hardware, por exemplo CPU, ou de software, por exemplo, Banco de Dados. As informações obtidas deste monitoramento devem ser enviadas para uma base de conhecimento.

2.4.2 Análise

Está fase é responsável por transformar os dados obtidos na fase de monitoramento em informações desejadas, estando armazenadas na base de conhecimento conforme mencionado anteriormente. Espera-se que estas informações possibilitem a conclusões sobre diversos aspectos, dentre eles detecção de possíveis problemas ou até mesmo a previsão de modificações futuras no sistema.

2.4.3 Planejamento

O principal objetivo desta fase é traçar estratégias de mudanças caso necessário de acordo com o resultado obtido da análise realizada pelo serviço anterior. Nesta fase podemos também mencionar diversos serviços de gerenciamento que terão funções importantes como, por exemplo: Auto sustento, auto-manutenção, auto-organização dentre outros, e com o auxílio destes serviços é nesta fase que será definido o planejamento e a ordem de execução das ações a serem tomadas.

2.4.4 Execução

Esta fase deverá executar as tarefas de configuração ou reconfiguração da melhor forma possível em elementos como, por exemplo: hardware ou software, isto é feito de acordo com um dos principais aspectos do tópico computação autônoma: a auto-configuração.

Não é de responsabilidade desta fase fazer o planejamento referente a execução, aqui basta ser executado o plano da forma em que recebido pela etapa anterior e quando necessário fazer o tratamento de possíveis falhas durante a realização da tarefa. Caso haja falha durante a execução de alguma tarefa, esta fase deverá executar ações de forma ordenada a fim de que uma destas apresente resultado satisfatório.

2.4.5 Base de Conhecimento

Está é uma das fases mais importantes do modelo genérico proposto por [3], pois a base de conhecimento será responsável pelo armazenamento de dados, informações, políticas dentre outros elementos.

A base de conhecimento deverá conter quatro componentes:

1. Base de informações para gerenciamento local (*Management Information Base* - MIB). Finalidade: É utilizado para o armazenar dados de um elemento gerenciados de rede.
2. . Base de Informações da Aplicação (AIB – *Application Information Base*). Finalidade: Armazenar informações resultantes de uma aplicação ou aplicações executadas em um contexto autônomico (exemplo: uma rede).
3. Máquina de políticas. Finalidade: Está máquina deverá ser capaz de incluir, armazenar, atualizar, executar, excluir e selecionar políticas de acordo com a necessidade.
4. Módulo correspondente de gerenciamento utilizado. (*Communication Protocol Base* - CPB)

O ciclo de vida de elemento autônomico é dividido em 4 fases e cada uma destas serão descritas a seguir, das quais possuem problemas e desafios a serem superados. Um elemento autônomico possui seu ciclo de vida iniciado com a sua concepção e implementação, superada esta etapa inicial vai para parte de testes e verificação, prossegue para instalação, configuração, otimização, atualização, monitoramento, determinação de problemas e recuperação e finaliza seu ciclo com a desinstalação ou substituição do mesmo.

2.4.6 Design, Teste e Verificação

A fase de design em um projeto de elemento autônomico consiste na representação das necessidades de utilização de serviços de outros componentes, funcionalidades e capacidades, ou seja, o objetivo é propiciar aos projetistas ferramentas que os auxiliem para o mapeamento de ações de níveis inferiores. Já a fase de teste e verificação visa avaliar as funções executadas pelos elementos autônomicos. Esta fase é de suma importância uma vez que aqui é possível observar o comportamento de um elemento autônomico.

2.4.7 Instalação e Configuração

O Elemento Autônomico deverá incluir em um diretório de serviço um registro com detalhes referentes ao sua capacidade e informações de contatos, com isso os demais elementos da rede podem fazer uso deste diretório a fim de descobrir fornecedores e consumidores de informações e serviços.

2.4.8 Monitoração e Determinação de Problemas

Esta é uma fase fundamental no ciclo de vida de um elemento autônomico, pois segundo [3], é neste momento que se torna possível através do laço de controle executado continuamente em espaços de tempo regulares, verificar e certificar-se que os objetivos estão sendo cumpridos.

Ainda segundo [3] é possível trabalhar de forma pró-ativa, uma vez que o elemento pode fazer o monitoramento de outros componentes com a finalidade de evitar falhar além de conhecer a melhor condição do sistema como um todo. Nesta fase ainda pode ocorrer situações e que seja necessário determinar o motivo da falha, e para isso podem ser utilizadas as ferramentas de simulação e determinação de problemas em ambientes complexos, já que se deve evitar desligar e ligar novamente os componentes.

2.4.9 Atualização

As atualizações dos Elementos Autônomicos devem ser perene, ou seja, é necessária a atualização regular e contínua, sendo que isso é um desafio não trivial, pois quando há a identificação de que o Elemento Autônomico está desatualizado este precisa buscar novas atualizações disponíveis e incorporá-las em si próprio.

2.4.10 Desinstalação e Reposição

Todas as tarefas já mencionadas anteriormente referentes ao ciclo de vida são realizadas de forma contínua. Completado o ciclo de instalações e atualizações o Elemento Autônomico deverá identificar a necessidade de sair da rede e conseqüentemente ser desinstalado e substituído além de retirar do diretório de serviço, este mencionado na parte de "Instalação e Configuração", seus recursos e serviços ofertados e finalizar todos os acordos de serviços firmados com os demais Elementos da rede.

3 Aplicações de Redes Autônomicas

Os conceitos de redes autônomicas podem ser aplicados em diversos modelos de redes, exemplo:

- Redes WAN, LAN, MAN, PAN;
- Redes de telecomunicações.
- Redes móveis.
- Redes com ou sem fio.

Mas é valido ressaltar que cada modelo de rede possui as suas particularidades dentre elas protocolos específicos, objetivos diferentes, serviços e tecnologias distintas.

Um bom exemplo disso é uma rede sem fio de um provedor de internet do qual necessita atender uma gama de clientes que estão longe da estação base do provedor e sem a possibilidade de uso de um meio guiado para transmissão de dados.

3.1 Redes de Sensores Sem-Fio Autônomicas

As Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) tem como princípio o uso de uma quantidade grande de nós-sensores com interligação sem-fio entre eles. Todavia, nesse tipo de ambiente os nós podem estar em constante modificação, seja pela mobilidade, ou pela perda do nó.

O gerenciamento desse tipo de rede não é trivial, devido às restrições e gargalos inerentes à arquitetura e ao tipo de ambiente em que operam. Por isso, uma abordagem autônoma de gerenciamento é desejável com vistas a prover a capacidade de auto-organização.

3.1.1 Desafios no Gerenciamento de Redes Sem Fio Autônomicas

Entre os principais desafios no gerenciamento de Redes Sem Fio Autônomicas estão a capacidade do mecanismo de gerenciamento em lidar com restrições arquiteturais, tais como memória, largura de banda, alcance e etc.

A coleta e transferência contínua do enorme fluxo de dados entre os nós é outro aspecto importante a ser considerado visto que a autonomia energética dos sensores geralmente é limitada. Assim, a organização e manutenção da topologia de rede é por si só um desafio a ser superado para alcançar o auto-gerenciamento do sistema como um todo.

3.1.2 Casos de uso

Tanto as Redes Autônomicas como as Redes de Sensores Sem Fio Autônomicas tem um amplo campo de emprego, em áreas variando desde a Medicina até a Segurança de Sistemas de TI. O principal motivador para esse emprego, é a grande quantidade de dados gerados nos mais diversos campos do conhecimento, que necessitam ser coletados e processados a fim de se tornarem informação. Serão citados dois exemplos do emprego de tais tecnologias: uma na Medicina e outro na produção industrial.

- Medicina

Monitorar o funcionamento de órgãos como o coração, detectar a presença de substâncias que indicam a presença ou surgimento de um problema biológico, seja no corpo humano ou animal.

- Produção industrial

Monitoramento em indústrias petroquímicas, fábricas, refinarias e siderúrgicas de parâmetros como fluxo, pressão, temperatura, e nível, identificando problemas como vazamento e aquecimento.

4 Conclusão

A computação autônoma busca o auto-gerenciamento de sistemas computacionais, através da definição de políticas de alto nível por parte dos administradores, e do aprendizado (base de conhecimento) adquirido ao longo do tempo.

As redes de computadores são cenários perfeitos para a aplicação dos conceitos de computação autônoma, tendo em vista a sua complexidade de operação e heterogeneidade. O crescimento contínuo desses cenários impulsiona cada vez mais a adoção de mecanismos de gerenciamento capazes de tirar o administrador de redes do nível operacional, e posicioná-lo em um patamar mais estratégico, alinhado com a estratégia e objetivos do negócio

Referências

- [1] A. V. Aho, J. E. Hopcroft and J. D. Ullman, *The Design and Analysis of Computer Algorithms*, Addison-Wesley (1901).
- [2] D. E. Knuth and L. Lamport, *A structural analysis of the role of gnus and gnats in the post-modernistic, crypto-existential Weltanschauung of neo-liberal Tibeto-Vietnamese leaf blower operators as manifest in the sexual symbology of the Los Angeles Phone Directory*. Journal of Gnu Technology, **23** (6), 12–87 (March 1996).
- [3] J. Kephart and D. Chess, *The Vision of Autonomic Computing*, IEEE Computer, vol. 36, no. 1, pp. 41–50 (January 2003).
- [4] R. Martins and J. Martins, *Using Policy-Based Framework to Support QoS Autonomic Management*, In: 2nd Latin American Autonomic Computing Symposium (LA-ACS2007), 2007, Petrópolis, Brasil.
- [5] A. G. GANEK and T. A. CORBI, *The dawning of the autonomic computing era*,. IBM Systems Journal, IBM Corp., Riverton, NJ, USA, v. 42, n. 1, p. 5–18, 2003. ISSN 0018-8670.