



Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Informática
Trabalho de Graduação em Redes de Computadores



Gerenciamento de Redes de Ambiente

Aluna: Jennifer Silva do Monte Lima

Orientadora: Judith Kelner

Co-orientador: Carlos Kamienski

Março de 2005

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, aos meus irmãos e a minha avó. Por todo amor, carinho e compreensão que recebi durante toda a minha vida.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a meus pais. Meu pai é um exemplo de inteligência que eu procuro seguir. Sempre me mostrou que com paciência e dedicação tudo pode ser conseguido. Minha mãe, mulher forte e maravilhosa que, incrivelmente, sempre está certa. Agradeço a ela por tudo que eu sou.

Agradeço a meu amor, Mouse, que está comigo o tempo todo deixando de fazer suas próprias coisas para estar do meu lado e me ajudar quando eu preciso. Por não ser só meu namorado, mas também meu melhor amigo. Uma pessoa maravilhosa que eu tenho a sorte de ter comigo.

Obrigada a minha avó, a meu avô e ao meu tio Fernando por estarem comigo desde que eu nasci. Pessoas muito especiais que vibram a cada conquista minha como se fosse deles mesmos.

Agradeço a meus irmãos pelo companheirismo e por estarem comigo sempre me ajudando e me acalmando. Obrigada a minha irmã, pelas sessões de Watsu que me fizeram relaxar e dormir melhor e ao meu irmão por me alegrar e descontraír o ambiente.

Agradeço a professora Judith Kelner e ao professor Djamel Sadok que me proporcionam várias experiências que me ajudam a crescer profissionalmente e como pessoa. Agradeço a eles por fazer parte do Grupo de Pesquisa em Redes e Telecomunicações.

Agradeço a Joseane Fidalgo por poder de última hora revisar este trabalho de graduação. Obrigada também a Manuela Melo por sua amizade e por escutar minhas reclamações com a maior paciência.

Também agradeço a Carlos Kamienski por acompanhar este trabalho e me ajudar quando foi preciso. Mostrou-me como trabalhar para que tudo saia de maneira perfeita e dentro dos prazos.

Por fim, agradeço a Deus por colocar todas essas pessoas na minha vida.

Obrigada!

Sumário

Lista de Figuras	7
Resumo	9
1. Introdução	10
1.1 Contexto.....	10
1.2 Objetivos	11
1.3 Estrutura do Trabalho	11
2. Redes de Ambiente	12
2.1 Objetivos do Projeto	13
2.2 Áreas e Pacotes de Trabalho	14
2.3 Conceitos Básicos	16
2.3.1 Princípios	18
2.3.2 Características	18
2.3.3 Inovações	18
3 Composição de Redes	19
3.1 Conceitos Básicos	19
3.2 Características	20
3.3 Acordo de Composição.....	21
3.4 Requisitos da Composição.....	21
3.5 Processo de Composição.....	22
3.6 Graus de Composição	22
4 Gerenciamento de Redes de Ambiente	24
4.1 Políticas.....	24
4.1.1 Arquitetura Geral	25
4.1.2 Linguagens para especificação de políticas	26
4.2 P2P	28
4.3 Autogerenciamento	29
5 Estudo de Caso.....	31
5.1 Simulador de Composição em ANs.....	31

5.2	Configurações	34
5.3	Simulações e Resultados.....	36
5.3.1	Bloqueio de Composições.....	37
5.3.2	Taxa de Decomposições	41
5.3.3	Tamanho dos Caminhos.....	44
5.3.4	Alterações no Acordo de Composição.....	46
5.3.5	Bloqueio de Serviço.....	49
5.3.6	Pedidos de Serviço X Pedidos de Composição.....	52
6	Conclusões	56
6.1	Contribuições do Trabalho.....	56
6.2	Trabalhos Futuros	57
	Referências.....	58
	Apêndice A – Glossário	60

Lista de Figuras

Figura 1. Estrutura Atual da WWI.....	12
Figura 2. Relação entre áreas e pacotes de trabalho do projeto Redes de Ambiente.....	16
Figura 3. Cenário de Redes de Ambiente	17
Figura 4. Estrutura de uma Rede de Ambiente	20
Figura 5. Composição Total de Redes de Ambiente.....	23
Figura 6. Composição Parcial entre Redes de Ambiente.....	23
Figura 7. Arquitetura Geral.....	25
Figura 8. Topologia de uma Rede de Ambiente.	32
Figura 9. Distribuição de pesos.....	32
Figura 10. Topologia de uma Rede de Ambiente.	33
Figura 11. Topologia da rede do Estudo de Caso.	34
Figura 12. Bloqueio de Composição para no máximo 1 serviço	37
Figura 13. Bloqueio de Composição para no máximo 2 serviços.....	38
Figura 14. Bloqueio de Composição para no máximo 3 serviços.....	39
Figura 15. Bloqueio de Composição para no máximo 4 serviços.....	39
Figura 16. Bloqueio de Composição para no máximo 5 serviços.....	40
Figura 17. Taxa de Decomposição para no máximo 1 serviço	41
Figura 18. Taxa de Decomposição para no máximo 2 serviços	42
Figura 19. Taxa de Decomposição para no máximo 3 serviços	42
Figura 20. Taxa de Decomposição para no máximo 4 serviços	43
Figura 21. Taxa de Decomposição para no máximo 5 serviços	43
Figura 22. Tamanho dos Caminhos	45
Figura 23. Alterações no Acordo de Composição para no máximo 1 serviço.....	46
Figura 24. Alterações no Acordo de Composição para no máximo 2 serviços	47
Figura 25. Alterações no Acordo de Composição para no máximo 3 serviços	47
Figura 26. Alterações no Acordo de Composição para no máximo 4 serviços	48
Figura 27. Alterações no Acordo de Composição para no máximo 5 serviços	48
Figura 28. Bloqueio de Serviço para no máximo 1 serviço.....	49
Figura 29. Bloqueio de Serviço para no máximo 2 serviços	50

Figura 30. Bloqueio de Serviço para no máximo 3 serviços	51
Figura 31. Bloqueio de Serviço para no máximo 4 serviços	51
Figura 32. Bloqueio de Serviço para no máximo 5 serviços	52
Figura 33. Relação PedidoXComposição para no máximo 1 serviço.....	53
Figura 34. Relação PedidoXComposição para no máximo 2 serviços	53
Figura 35. Relação PedidoXComposição para no máximo 3 serviços	54
Figura 36. Relação PedidoXComposição para no máximo 4 serviços	55
Figura 37. Relação PedidoXComposição para no máximo 5 serviços	55

Resumo

Atualmente, o compartilhamento de recursos e a disponibilização de serviços entre redes são permitidos apenas através de configuração manual extensiva e acordos prévios entre as redes envolvidas. As Redes de Ambiente [1] [2] surgem para permitir a cooperação de redes heterogêneas pertencentes a diferentes domínios administrativos e tecnológicos, através da introdução de um conceito chave chamado Composição. A Composição permite a disponibilização de serviços e o compartilhamento de recursos entre redes, de forma dinâmica e instantânea, via Acordo de Composição.

É relevante não só construir essas Redes de Ambiente como também ser capaz de gerenciá-las utilizando soluções flexíveis. Para tanto, a tradicional forma de gerenciamento baseado em políticas não se aplica, pois esta é baseada no modelo cliente/servidor. Este modelo possui graves problemas de escalabilidade. Assim, uma abordagem diferente de gerenciamento será adotada por este trabalho, baseada no modelo P2P, que recentemente demonstrou sua habilidade para atender milhares de aplicações simultaneamente como transferência de arquivos e mensagens instantâneas.

O gerenciamento deste tipo de rede trata necessariamente de composições. Estas composições de redes mudam todo o cenário e trazem novas complicações para o processo. Para ajudar no entendimento e projeção de um sistema de gerenciamento para Redes de Ambiente que trate de maneira eficiente as composições, foi implementado um simulador para composições de redes.

Este trabalho apresenta o mecanismo de composição de Redes de Ambiente, o simulador que foi implementado e um estudo de caso realizado nesse simulador para avaliar o desempenho deste mecanismo. Além disso, será proposto um modelo de gerenciamento baseado em políticas que utiliza a tecnologia P2P e o paradigma de autogerenciamento.

1. Introdução

1.1 Contexto

A evolução e o crescimento na escala dos sistemas, Redes de Computadores, Internet, Web e recursos e soluções de TI (tecnologia da Informação) como um todo, associados ao alto custo em prover serviços de TI, evidenciam a necessidade de compartilhamento de recursos, disponibilização de serviços e cooperação entre redes – o que é realizado através de acordos. Os acordos realizados atualmente exigem extensiva configuração manual, bem como um conhecimento prévio do comportamento das redes em que vão atuar. Entretanto, a heterogeneidade dos dispositivos, a diversidade dos serviços disponíveis, a dinamicidade, a mobilidade e a natureza assíncrona dos dispositivos e serviços torna inviável a complexa tarefa de gerenciamento centralizado e a predição de seu estado ou contexto de operação de momento a momento [8].

Com o objetivo de permitir competição e cooperação no contexto descrito, estão sendo propostas as Redes de Ambiente [5]. Estas representam uma nova visão na área de redes, com o objetivo de habilitar a criação de uma série de soluções para redes móveis e sem fio que permitam o provimento de serviços de comunicação de boa qualidade, escaláveis, fáceis de usar e ao alcance de todos. Esta nova visão está sendo estudada e/ou desenvolvida no projeto Redes de Ambiente (*Ambient Networks* - AN) [1], [2], que é parte integrante do *World Wireless Initiative* (WWI) [3], [4], e é financiado pelo programa europeu IST (*Information Society Technologies*) [10]. Este projeto foi iniciado em 2004, tem previsão de término para 2009 e vislumbra que as Redes de Ambiente estarão operacionais entre 2015 e 2020 [6].

O conceito chave das Redes de Ambiente é a composição dinâmica de redes, que objetiva prover acesso instantâneo a qualquer rede, incluindo redes móveis pessoais, através do estabelecimento instantâneo de acordos entre redes, chamado de acordo de composição. É importante ressaltar que este conceito oferece muito mais do que conectividade IP e vai além do que a Internet e as redes móveis oferecem atualmente. A composição é uma forma de cooperação de redes básica, escalável e dinâmica, que visa oferecer um plano de controle comum entre as redes envolvidas, através do qual as redes poderão compartilhar recursos e/ou dispositivos.

O gerenciamento das Redes de Ambiente é extremamente importante para o funcionamento das mesmas. Sem uma infra-estrutura de gerenciamento adequada, todas os conceitos vislumbrados para Redes de Ambiente se tornam meros exercícios de futurologia. Sistemas autogerenciáveis, escaláveis e eficientes irão permitir a implantação de Redes de Ambiente. Tendo esse problema em vista será proposta a utilização de novas tecnologias de gerenciamento tais como P2P, políticas e autogerenciamento.

Para fornecer subsídios para a implementação dos conceitos de gerenciamento propostos, necessita-se entender detalhadamente as principais características da composição/decomposição de Redes de Ambiente. Como exemplos de características

pode-se citar eficiência e estabilidade das composições e seu procedimento, frequência com a qual as redes precisam se compor e causas dos bloqueios de composição.

Para possibilitar este entendimento um simulador de composição/decomposição de redes foi implementado, considerando os principais aspectos deste importante conceito de Redes de Ambiente. Este simulador irá permitir que a tomada de decisões de projeto sejam respaldadas por avaliações de desempenho, embora ao nível de simulação (não são avaliações de medição em sistemas reais, pois estes não existem).

1.2 Objetivos

Este trabalho de graduação tem como objetivo principal estudar aspectos relacionados a Redes de Ambiente e propor um novo modelo de gerenciamento baseado em políticas utilizando tecnologia P2P a partir de simulações de composições em Redes de Ambiente.

Os objetivos específicos são os seguintes:

1. Estudo geral sobre Redes de Ambiente apresentando o projeto Ambiente Networks (Redes de Ambiente), principal foco de irradiação de novas idéias nesta área.
2. Compreender o conceito de composição e decomposição de Redes de Ambiente e avaliar o desempenho do processo de composição/ decomposição utilizando simulação.
3. Pesquisar o estado-da-arte do gerenciamento para Redes de Ambiente e entender a sua importância para a implantação das mesmas.
4. Avaliação da adequação da utilização do modelo de gerenciamento baseado em políticas.
5. Avaliação da adequação da utilização da tecnologia P2P para o gerenciamento das Redes de Ambiente.

1.3 Estrutura do Trabalho

Além deste capítulo introdutório sobre contextualização e objetivos, a seção 2 apresenta os conceitos básicos e as características das Redes de Ambiente. A seção 3 apresenta os principais aspectos envolvidos na composição de redes. A seção 4 apresenta um estudo detalhado sobre os aspectos atuais do gerenciamento de redes e a sua adequação ao conceito de Redes de Ambiente. A seção 5 descreve o simulador que foi implementado para avaliar o desempenho da composição de redes e as simulações nele realizadas sob a forma de um estudo de caso. A seção 6 apresenta alguns comentários finais e considerações para o desenvolvimento de trabalhos futuros. Por fim, no Apêndice A se encontram as siglas utilizadas ao longo do trabalho.

2. Redes de Ambiente

Redes de Ambiente é um projeto integrado (Integrated Project - IP) que visa criar soluções de rede para sistemas móveis e sem fio além da 3ª Geração. Este projeto faz parte da WWI cujo objetivo principal é definir funções e sistemas móveis que forneçam aos usuários a melhor utilização e o menor custo. A WWI é composta por vários projetos integrados e a sua estrutura atual é mostrada na Figura 1.

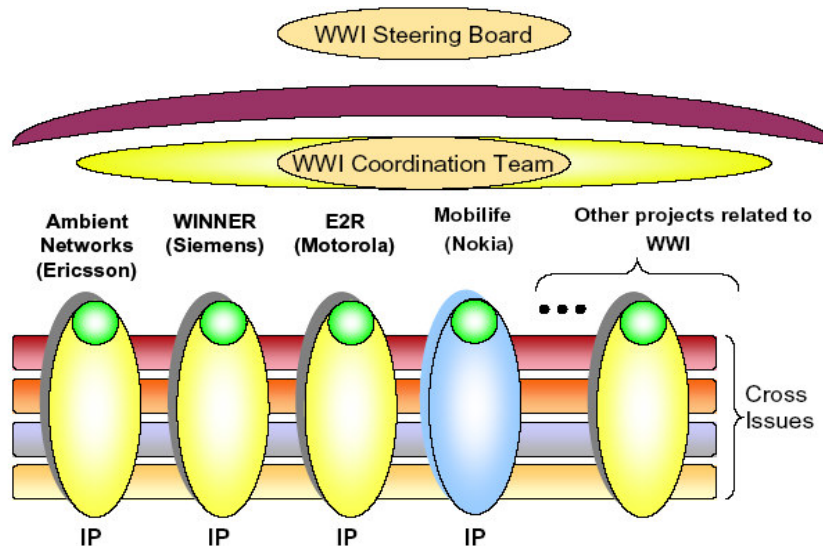


Figura 1. Estrutura Atual da WWI [6]

Como podemos observar, a WWI é composta por diversos projetos coordenados por empresas específicas. Por exemplo, o projeto Redes de Ambiente é coordenado pela empresa Ericsson. Estes projetos são autocontidos em cada área de pesquisa proposta, porém são complementares, ou seja, os resultados encontrados por cada projeto se unem para formar uma solução mais completa. Para garantir a consistência dos resultados esperados pela WWI, algumas empresas como Elisa, France Telecom, DoCoMo, Telefônica e Vodafone, se comportam como coordenadores do projeto (WWI Coordination Team) trabalhando em conjunto. Estas empresas são responsáveis por atualizar todas as informações que são comuns entre os diversos projetos que compõe a WWI.

Os objetivos estratégicos da WWI são os seguintes:

1. Fornecer sistemas de comunicação de alta performance que permitam acesso ubíquo a uma variedade de novos serviços, profissionais e pessoas.
2. Fornecer sistemas sem fio confiáveis que permitirão que quatro milhões de pessoas e quarenta milhões de dispositivos se comuniquem em meados de 2020.

Para que os objetivos possam ser atingidos foi definido um calendário que deve ser seguido por todos os projetos que compõem a WWI. Este calendário possui três fases onde cada um possui duração de dois anos. As fases são as seguintes:

1. Fase 1: Exploração e Avaliação da Tecnologia

Durante esta fase novos conceitos e tecnologias serão explorados e avaliados. Requisitos genéricos do usuário serão identificados. Os resultados esperados incluem (a) a identificação de um conjunto de tecnologias que serão capazes de cumprir os principais objetivos do projeto, (b) os primeiros conceitos do sistema e cenários de evolução e (c) a definição de soluções flexíveis que cumpram as necessidades do usuário.

2. Fase 2: Desenvolvimento e Especificação da Tecnologia

Nesta fase o trabalho colaborativo resulta em simuladores e protótipos mostrando a viabilidade da tecnologia. Especificações serão preparadas para uso em fóruns de padronização. Os resultados esperados incluem simuladores, protótipos e submissões de padrões.

3. Fase 3: Validação e Demonstração

Nesta fase, os conceitos desenvolvidos nos diferentes projetos integrados serão verificados em testes de larga escala, mostrando a viabilidade do sistema proposto. Os resultados incluem (a) conceitos do sistema totalmente acordados e (b) demonstradores que mostram aspectos significantes do mundo sem fio.

Atualmente os projetos se encontram na fase 1, ou seja, os conceitos estão sendo estudados e definidos, não há implementação prática. Os principais conceitos introduzidos por estes estudos serão detalhados na seção 2.3.

O projeto Redes de Ambiente possibilitará escalabilidade e confiabilidade às redes sem fio enquanto fornece acesso fácil e rápido a todos que queiram usar os serviços de comunicação. Este projeto é guiado pela crescente competição e cooperação em um ambiente recheado de uma grande variedade de dispositivos de usuário, tecnologias sem fio e operadores de rede.

Os resultados do projeto compreendem uma solução completa e coerente para as redes sem fio; uma arquitetura para componentes autoconfiguráveis que reduz custos operacionais e uma suíte de protocolos para composições de redes evoluindo do IPv6.

2.1 *Objetivos do Projeto*

Para que os resultados esperados possam ser obtidos, foram definidos alguns objetivos técnicos mostrados a seguir:

1. Definir e validar soluções completas e coerentes para as redes de ambiente, baseadas em uma grande variedade de cenários e casos de negócios, incluindo:
 - a. Uma arquitetura que possibilite a composição fácil e dinâmica de redes distintas no meio de uma sempre crescente heterogeneidade de tecnologias e estruturas provedoras;

- b. Definição de um conjunto de componentes adaptativos e autoconfiguráveis para reduzir planejamento, configuração e manutenção;
 - c. Um arcabouço robusto de segurança para prevenir ataques de terceiros.
- 2. Assegurar que as soluções propostas pelo projeto estabelecem novos padrões considerando as seguintes questões chave:
 - a. Criação de novos algoritmos que permitam o gerenciamento eficiente dos recursos de radio considerando as diferentes tecnologias;
 - b. Criação de uma inovadora solução para a camada de enlace permitindo a fácil adaptação e incorporação das interfaces de radio existentes;
 - c. Criação de uma suíte de protocolos para composição de redes assegurando conectividade, gerenciamento de recursos e resolução de conflitos;
 - d. Suporte a acordos dinâmicos que fornecem acesso a qualquer rede e em qualquer lugar;
 - e. Interfaces de redes comuns, escaláveis e seguras entre domínios distintos;
 - f. Autogerenciamento inovador não apenas para novos nós da rede, mas também para novas redes compostas.
- 3. Assegurar a viabilidade comercial identificando papéis de negócio e interfaces bem como considerando cenários de negócio que permitem novos modelos baseados em relacionamentos de confiança.
- 4. Validar as várias soluções técnicas desenvolvendo provas para os conceitos desenvolvidos em cada uma das áreas de trabalho.

2.2 *Áreas e Pacotes de Trabalho*

O trabalho técnico no projeto Redes de Ambiente é organizado em áreas de trabalho. Cada área de trabalho é gerenciada por um líder. Considerando o tamanho dessas áreas de trabalho, o trabalho é dividido em tarefas ou pacotes. Os resultados obtidos por cada área são divulgados imediatamente para que sua relevância seja assegurada imediatamente e para obter um retorno sobre o que está sendo realizado.

As principais áreas de trabalho são as seguintes:

1. Área de Trabalho 1 – Conceitos e Arquitetura

Esta área de trabalho tem como objetivo gerar os principais conceitos do projeto e fornecer a arquitetura para o arcabouço principal. Ela também será responsável por monitorar as informações trocadas entre as outras áreas. Sua maior atividade será no início e no fim do projeto organizando workshops para disseminar os conceitos criados e por fim os resultados obtidos.

2. Área de Trabalho 2 – Problemas Técnicos Chave

Esta área será responsável por realizar o trabalho técnico mais profundo, construção de algoritmos e protocolos e realização de estudos para a avaliação de performance.

3. Área de Trabalho 3 – Interfaces de negócio e Viabilidade Comercial

Esta área de trabalho dá ênfase na avaliação da viabilidade comercial incluindo cenários de negócio que refletem os diferentes ambientes das redes estudadas.

4. Área de Trabalho 4 – Prototipação e Validação

O principal objetivo desta área é provar os conceitos e as soluções técnicas de Redes de Ambiente que foram encontradas através de prototipação, implementações de provas e *testbeds*.

Os principais pacotes de trabalho são os seguintes:

1. Pacote de Trabalho 1(WP1) – Conceitos, Arquiteturas e Coordenação Técnica

Este pacote de trabalho tem como objetivo principal desenvolver e disseminar todo o arcabouço das Redes de Ambiente baseando-se em cenários de uso e harmonizar as funções e os mecanismos de interação desenvolvidos pelo projeto redes de Ambiente como um todo.

2. Pacote de Trabalho 2(WP2) – Acesso Multi-Radio

O objetivo deste pacote de trabalho é propor uma arquitetura de acesso multi-radio para acesso sem fio como parte de um conceito de Redes de Ambiente. O principal foco do estudo é encontrar e analisar alguns elementos críticos no acesso às redes com o objetivo de assegurar a viabilidade técnica e econômica da arquitetura proposta.

3. Pacote de Trabalho 3(WP3) – Composição e Conectividade de Redes

Este pacote visa fornecer mecanismos de conectividade para facilitar a composição simples e dinâmica de Redes de Ambiente com diferentes tamanhos e capacidades. Tem o objetivo de descrever em detalhes todo o mecanismo de composição e o comportamento das redes envolvidas na mesma.

4. Pacote de Trabalho 4(WP4) – Mobilidade e Redes Móveis

Este pacote tem como objetivos investigar, desenvolver e avaliar conceitos e mecanismos inovadores para gerenciamento de mobilidade e redes móveis em uma Rede de Ambiente. Ele define a arquitetura de mobilidade levando em consideração os conceitos gerais estabelecidos pelo WP1.

5. Pacote de Trabalho 5(WP5) – Roteamento e Transporte Multimídia

O objetivo deste pacote de trabalho é investigar novos meios de roteamento e arquiteturas de transporte baseados em adaptação e funções de decisões de

roteamento integrando o gerenciamento de redes ligadas a contexto (WP6), conectividade (WP3) e mobilidade (WP4).

6. Pacote de Trabalho 6(WP6) – Redes ligadas a contexto

Este pacote de trabalho irá investigar, modelar e estruturar a informação com a qual o gerente de contexto precisar lidar. Ele também irá investigar esquemas flexíveis de descrições de dados para possibilitar a representação do contexto dos dados facilitando assim a troca de informações entre as entidades pertencentes a uma Rede de Ambiente.

7. Pacote de Trabalho 7(WP7) – Segurança

O objetivo principal é fornecer um arcabouço de segurança uniforme e compreensível que possibilite segurança para as Redes de Ambiente em qualquer ambiente caracterizado por fácil gerenciamento, autenticação, robustez contra ataques e privacidade.

8. Pacote de Trabalho 8(WP8) – Gerenciamento de Redes

O objetivo principal é explorar, desenvolver e avaliar soluções inovadoras de gerenciamento de redes para possibilitar a composição dinâmica de redes, reduzir custos operacionais e aumentar a escalabilidade das Redes de Ambiente.

Na Figura 2 podemos ver a relação entre as áreas e os pacotes de trabalho do projeto Redes de Ambiente.

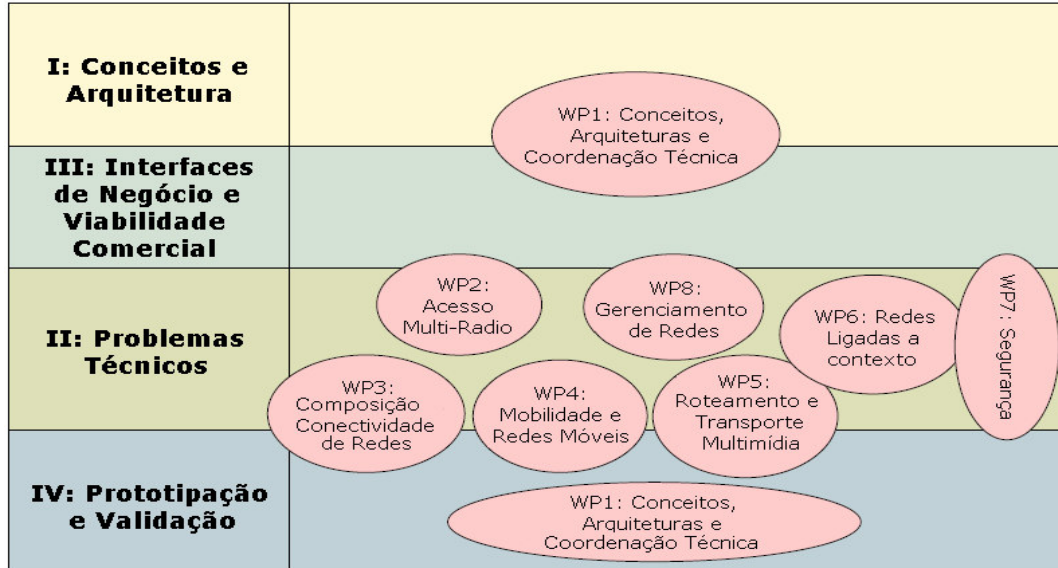


Figura 2. Relação entre áreas e pacotes de trabalho do projeto Redes de Ambiente [5]

2.3 Conceitos Básicos

Hoje o usuário pode ser dono de vários dispositivos como *palmtops*, celulares, *laptops*, porém não existe nenhuma rede que interliga estes equipamentos para compartilhar seus recursos. Uma Rede de Ambiente é uma coleção de redes, nós e/ou dispositivos que compartilham um plano de controle de rede comum, onde o acesso a

esse plano de controle é provido a usuários ou outras Redes de Ambiente através de interfaces externas bem definidas. Uma Rede de Ambiente possui um ou mais identificadores para que possa ser contatada e assim composta com outras Redes de Ambiente. Cada rede de ambiente possui um conjunto de serviços e/ou dispositivos, gerenciados pelo plano de controle e que podem ser compartilhados com outras redes de ambiente ou utilizados pelos usuários.

Para ilustrar os principais aspectos das Redes de Ambiente, observa-se o cenário apresentado na Figura 3.

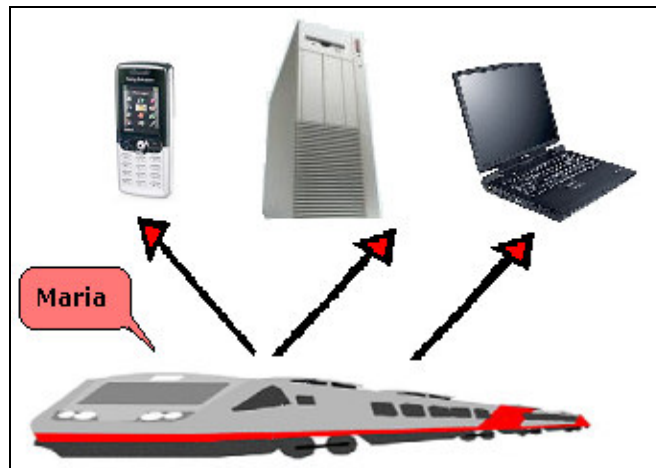


Figura 3. Cenário de Redes de Ambiente

Este cenário envolve uma empresária chamada Maria que está viajando de metrô para o local de uma reunião importante. Maria possui uma PAN (*Personal Area Network*) que consiste de vários dispositivos, suportando diferentes tecnologias de acesso. Durante a sua viagem de metrô, ela precisa checar seu e-mail e baixar um documento que será utilizado na reunião. Ela deve estar em contato com seus colegas de trabalho participando de uma pré-reunião via videoconferência. Além disso, ela deve estar disponível para ser contatada pela família e amigos. Os serviços da rede serão fornecidos pela AN ou pelas redes legadas para permitir que Maria permaneça em contato enquanto está se movendo. Enquanto está no metrô, Maria pode utilizar um recurso de conferência da PAN para participar da videoconferência. Ela pode manter contato com a família através do celular e conversar com os amigos utilizando *webmail* ou mensagens instantâneas. Tudo isso pode ser feito enquanto o documento para a reunião está sendo baixado. Maria quer uma boa qualidade de voz e vídeo e espera que não seja preciso alterar nenhuma configuração extra. Enquanto está se movendo, podem acontecer vários *handoffs* entre as várias redes de acesso. Estas redes podem ser ANs ou redes legadas e podem pertencer a diferentes provedores e ter capacidades diferentes. O cenário descrito acima contém vários exemplos de interação entre Redes de Ambiente diferentes assim como entre Redes de Ambiente e redes legadas.

Descrever todos os aspectos relacionados a Redes de Ambiente é uma tarefa bastante árdua, uma vez que muitos conceitos são criados e outros modificados. Entretanto, é possível a seleção de alguns princípios, características e inovações trazidas pelas Redes de Ambiente, todos expostos a seguir.

2.3.1 Princípios

O principal objetivo das Redes de Ambiente é permitir a cooperação de redes heterogêneas pertencentes a diferentes domínios administrativos e tecnológicos. Esta cooperação deve ser realizada entre as redes de maneira transparente, sob demanda e sem a necessidade de pré-configuração ou negociação entre os operadores da rede. Para alcançar este objetivo, as Redes de Ambiente foram baseadas nos seguintes princípios:

1. Redes de Ambiente são construídas sobre conectividade e funções de rede abertas, objetivando permitir que qualquer rede que queira se compor possa fazê-lo, removendo assim as restrições de arquitetura de quem ou o que pode se conectar a qual rede.
2. Redes de Ambiente são baseadas em auto-gerenciamento e auto-composição, o que permitirá que a composição de redes de ambiente seja feita da maneira mais transparente possível.

As funções das Redes de Ambiente podem ser adicionadas às redes existentes, tendo como ponto inicial a conectividade e o plano de controle logicamente separados, onde o plano de controle pode realçar tecnologias existentes com funções de controle distintas.

2.3.2 Características

As principais características de uma Rede de Ambiente são:

1. Fornecimento de interfaces de controle a outras Redes de Ambiente, plataformas de serviço e/ou aplicações;
2. Fornecimento de funções de controle de gerenciamento;
3. Possibilidade de composição dinâmica com outras redes de ambiente para formar uma nova rede de ambiente.

2.3.3 Inovações

As três principais inovações trazidas pelas redes de ambiente são a possibilidade de composição de redes, a mobilidade integrada e suporte efetivo.

1. Composição de Redes: o mecanismo básico de composição das redes de ambiente deve ser dinâmico e instantâneo e será abordado detalhadamente na seção 3.
2. Mobilidade Integrada: deve acontecer de maneira efetiva interagindo com as interfaces de controle necessárias ao fornecimento de qualidade de serviço e roteamento e re-roteamento ótimo, permitindo que usuários se desloquem de uma rede para outra e continuem a acessar as mesmas funções e serviços com qualidade máxima.
3. Suporte a Heterogeneidade: uma vez que as redes de ambiente são baseadas em um conjunto de múltiplas redes com diferentes tecnologias, deverá ser fornecido um mecanismo para comunicação entre elas independente da tecnologia utilizada.

3 Composição de Redes

Composição de Redes é um novo conceito introduzido pelas Redes de Ambiente para o compartilhamento de funções de controle e serviços entre redes heterogêneas que pertencem a diferentes domínios administrativos e tecnológicos, como dito anteriormente.

Este conceito pretende facilitar o processo de qualquer usuário utilizar uma rede em qualquer lugar, como se a rede o estivesse envolvendo (daí vem o conceito de redes de ambiente, como uma música de ambiente, que circunda as pessoas, ou seja, que está no ambiente).

Descrever todos os aspectos relacionados à Composição de Redes de Ambiente é uma tarefa bastante árdua, uma vez que muitos conceitos são criados e outros modificados. Assim, visando a compreensão da composição de redes, serão apresentados alguns conceitos básicos, características, o acordo, requisitos, processo e os graus ou tipos de composição.

3.1 Conceitos Básicos

Uma composição de Redes resultará em uma nova Rede de Ambiente com um novo identificador, ou em uma extensão de uma Rede de Ambiente já existente com o identificador desta AN. Quando as Redes de Ambiente se compõem, seus planos de controle, chamados ACSs (*Ambient Control Spaces*), interagem entre si fazendo com que as Redes de Ambiente compostas pareçam para o mundo exterior como uma única Rede de Ambiente. Estes ACSs são responsáveis por decidir quais serviços e/ou dispositivos serão compartilhados entre os elementos da rede.

As interfaces externas que permitem o acesso ao ACS são a ASI (*Ambient Service Interface*) e a ANI (*Ambient Network Interface*). A ASI é utilizada pelos usuários para acessar os serviços. A ANI é uma interface utilizada pelos ACSs para a troca de informações de gerenciamento e para a tomada de decisões relacionadas a composição. Ela também é utilizada para a comunicação interna entre diferentes ACSs envolvidos em uma AN composta.

A fim de se compor, os ACSs das Redes de Ambiente se comunicam via ANI usando o protocolo *Generic Ambient Network Signalling* (GANS), que não substitui os protocolos padrões responsáveis por informações de roteamento ou suporte a mobilidade. O GANS é utilizado para a troca de informações que não foram cobertas por estes protocolos padrões, tais como negociações de Acordos de Composição.

O ACS é composto por várias áreas funcionais, cada uma refletindo tarefas diferentes de controle e de gerenciamento. Dentre as principais áreas funcionais pode-se destacar as seguintes: área funcional de composição, de mobilidade, de QoS, de segurança e de controle de congestionamento. Elas operam independentemente, mas cooperam entre si de forma a permitir a cooperação total entre as redes envolvidas na

composição. A Figura 4 ilustra a estrutura atual de uma Rede de Ambiente típica, apresentando o ACS, a ASI, a ANI, o protocolo GANS e as áreas funcionais já definidas.

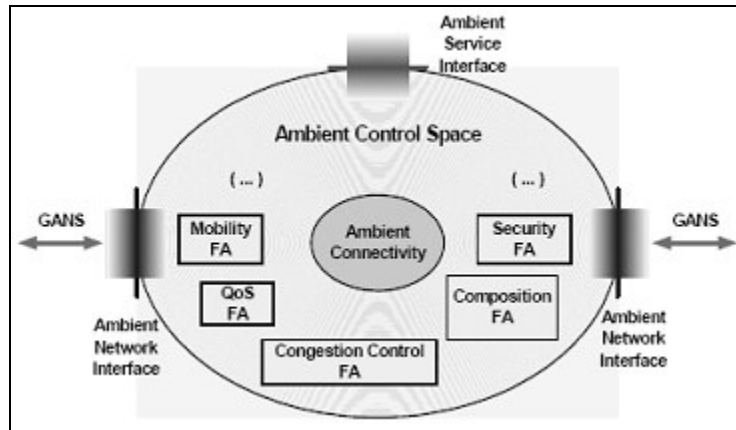


Figura 4. Estrutura de uma Rede de Ambiente [7]

A área funcional de composição fornece os meios para que as outras áreas funcionais entrem em acordo sobre os detalhes do processo de composição, considerando as políticas estabelecidas e as informações obtidas das outras áreas funcionais. A área funcional de QoS é responsável pela negociação e cumprimento dos requisitos de QoS, definidos nas negociações de SLSs (*Service Level Specifications*) [9], que são negociados no acordo de composição entre as ANs. A área funcional de controle de congestionamento também é responsável pela qualidade de serviço fim-a-fim, mas opera para fornecer estabilidade e justiça na divisão dos recursos. Juntas, as áreas funcionais são responsáveis por realizar uma composição e por assegurar que as redes compostas estão respeitando o acordo de composição.

3.2 Características

A composição consiste em uma operação realizada entre Redes de Ambiente e possui os seguintes aspectos:

1. Generalidade: o processo de composição é independente da presença de uma funcionalidade de controle em particular (exceto a área funcional de composição explicada na seção seguinte) e não é específico a nenhum tipo de rede em particular. A mesma operação pode ser utilizada para interconectar e compartilhar qualquer funcionalidade de controle entre diferentes tipos de rede. Conseqüentemente a composição serve muito bem a ambientes heterogêneos onde existem tipos diferentes de rede.
2. Escalabilidade: a composição fornece escalabilidade tanto para pequenos dispositivos quanto para grandes redes, ou seja, pode ser utilizada igualmente independente do seu tamanho.
3. Extensibilidade: a composição pode ser facilmente estendida para incorporar novos tipos de funções de controle.
4. Automacidade: a composição é uma operação que funciona com o mínimo ou nenhuma interação humana.

5. Operação Ajustável: a composição é uma operação ajustável e seu comportamento pode ser configurado baseado em preferências do usuário.
6. Operação Controlável: a composição pode ser limitada e controlada por políticas (explicada em detalhes no capítulo 4) que são consideradas como um método genérico onde preferências são utilizadas como parâmetros de controle de operação. Uma outra alternativa é utilizar diferentes tipos de acordos como SLA, por exemplo, para incluir preferências e restrições a esta operação.

3.3 *Acordo de Composição*

O acordo de composição é um contrato entre as Redes de Ambiente envolvidas na composição, que especifica as regras e as políticas que as redes concordaram em seguir. Ele é negociado e criado pelas áreas funcionais do ACS, sob coordenação da área funcional de composição, quando Redes de Ambiente individuais decidem compartilhar seus recursos e aceitam se compor. O acordo de Composição pode ser modificado a qualquer momento quando todos os membros da composição concordam em modificá-lo e existe enquanto existir a composição, mesmo quando os membros da composição mudam. A composição se resumirá, portanto, na concordância do acordo e na sua realização.

O acordo de composição tem estrutura modular, com uma parte especificando as regras básicas que todas as áreas funcionais devem seguir e outra parte com o resultado da negociação para cada área funcional. Como exemplos de conteúdo de um acordo de composição pode-se ter quais recursos serão compartilhados entre as ANs envolvidas; as condições de uso para cada recurso compartilhado; o estabelecimento e a manutenção de QoS entre as ANs constituintes; e os termos de compensação e pagamentos.

O acordo de composição pode descrever uma maneira simétrica ou assimétrica de compartilhar seus recursos, responsabilidades, serviços e permissões entre as ANs constituintes. Por maneira simétrica entende-se que as redes compostas estarão desempenhando o mesmo papel na composição, ou seja, elas estarão compartilhando os recursos da mesma maneira. No caso assimétrico, algumas redes estarão compartilhando mais serviços que outras como servidores de serviços. Na prática, é esperado que os acordos assimétricos sejam mais comuns.

3.4 *Requisitos da Composição*

Para que a composição ocorra, todas as entidades envolvidas em algum tipo de negociação devem possuir um identificador que será utilizado para acessar esta entidade. Este identificador deve poder ser traduzido em um endereço para um ponto final de comunicação, quando necessário.

Um mecanismo de descobrimento de Redes de Ambiente também deve ser suportado, pois se uma AN não souber como contactar uma outra AN, um mecanismo de descobrimento pode ser utilizado para encontrar endereços de contato válidos e assim permitir o acesso. Uma característica importante é que a composição não necessita de conectividade direta entre as redes. Composições virtuais são possíveis entre ANs que trocam informações através de outras redes de transporte.

Para o estabelecimento do acordo de composição, as áreas de composição das ANs envolvidas interagem, assim, as ANs devem ser capazes de trocar informações de controle das Áreas Funcionais via ANI. A ANI deve permitir a comunicação tanto entre ACSs de ANs diferentes (individuais) quanto entre ACSs pertencentes a uma AN composta. ANs compostas devem ser capazes de esconder as identidades, as ANIs e os ACSs das ANs constituintes, se assim for estabelecido no acordo de composição, o que permite à AN aparecer como uma única rede.

Como suporte à realização do Acordo de Composição em si, é necessário que alguns procedimentos sejam suportados pelas Redes de Ambiente ou por suas redes constituintes, para a realização de um novo acordo de composição e atualização da correspondente Rede de Ambiente composta, adição de uma AN individual a uma Rede de Ambiente composta existente, atualização do acordo de composição e remoção de um membro de uma AN composta para deixar uma composição de rede.

Por fim, a composição deve ser tão automática quanto possível, o que significa que a interação direta do usuário deve ser mínima.

3.5 Processo de Composição

A rede composta consiste de todos os recursos lógicos e físicos e serviços que cada AN irá contribuir, como foi estabelecido no acordo de composição. Logicamente uma AN composta possui seu próprio ACS para controlar todos os recursos e realizar a comunicação com outras redes através do seu identificador próprio e sua própria ANI.

O processo de composição pode ser realizado entre duas redes de ambiente na mesma área geográfica e que usaram um mecanismo de descobrimento para se encontrar. Depois que a conectividade (roteamento e endereçamento) é estabelecida, os procedimentos de autenticação e autorização são realizados. Em seguida, é realizada a troca de informações de gerenciamento entre as redes que vão se compor e então o acordo de composição é obtido. Este processo é independente do grau ou tipo de composição escolhido – descritos a seguir.

3.6 Graus de Composição

As Redes de Ambiente podem se compor com outras redes em diferentes graus ou tipos de composição, para os mais diversos propósitos. O grau com que a rede irá se compor terá grande influência sob o conteúdo do acordo de composição e o seu comportamento futuro. As principais categorias de composição de Redes de Ambientes em relação aos graus de composição são totais, parciais e quando não ocorre composição.

A Composição Total é um caso especial e extremo de composição de redes, que requer o acordo total de todos os membros das ANs que irão participar da composição. Estas ANs se fundem totalmente e a rede composta consiste de todos os recursos lógicos e físicos dos seus membros. O ACS da rede composta possui controle total desses recursos, desde que as ANs constituintes abram mão deste controle. Outras redes não podem identificar as Redes de Ambiente que constituem a AN composta diretamente, pois o ACS comum é o único que pode ser visto pelas outras redes. A Figura 5 ilustra o procedimento de uma composição total.

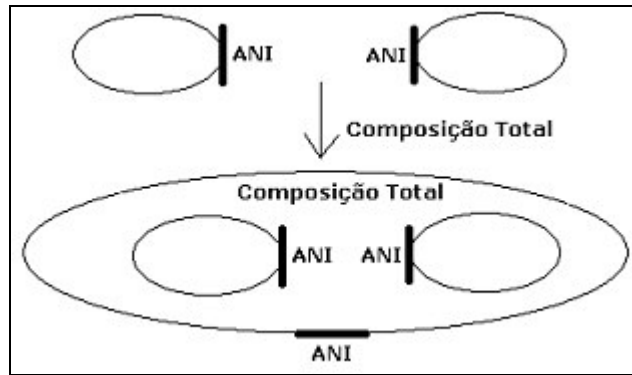


Figura 5. Composição Total de Redes de Ambiente [7]

Um exemplo deste tipo de composição ocorre quando um *palm* se compõe com uma PAN pertencendo à mesma pessoa. O *palm* fará parte da PAN e compartilhará seus recursos e funcionalidades sem nenhuma restrição. Os identificadores do *palm* e das redes ou dispositivos componentes da AN não estarão mais visíveis, porém o da AN composta sim.

Composição Parcial é o caso típico e teoricamente mais freqüente de composição de redes, onde todas as ANs envolvidas fazem um acordo de composição e contribuem para a composição com um subconjunto dos seus recursos lógicos e físicos. O ACS da rede composta não é único e é responsável pelos recursos compartilhados. As ANs participantes da composição mantêm seus próprios identificadores e podem participar de outras composições em paralelo, ao contrário do que acontece na composição total. O processo de composição parcial é ilustrado pela Figura 6.

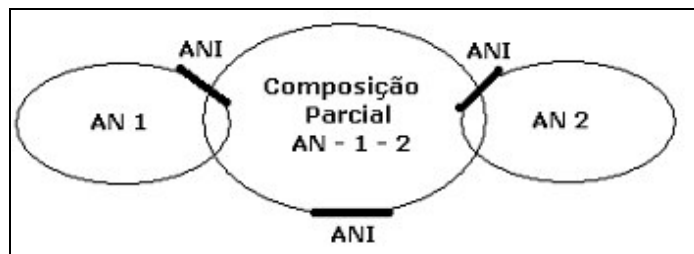


Figura 6. Composição Parcial entre Redes de Ambiente [7]

Como exemplo, considera-se duas PANs pertencentes a diferentes usuários com conexões diretas que decidem se compor para compartilhar alguns documentos e equipamentos. A composição parcial consiste de todos os recursos compartilhados entre as duas redes e um novo identificador. Este identificador será utilizado para que outras redes contatem a rede composta. Porém, ao contrário da composição total, as redes que compõem a rede composta poderão ser contatadas através de seus próprios identificadores.

O último grau de composição é quando a mesma não ocorre. Neste caso, há uma mínima cooperação (por isso é considerado um grau de composição), baseada na troca de pacotes de dados, para permitir que as redes vizinhas a AN se comuniquem – não há compartilhamento de controle entre as ANs envolvidas. Este tipo de composição é comum na internet atual ou em telefonia móvel. Ela é realizada basicamente para oferecer conectividade.

4 Gerenciamento de Redes de Ambiente

Uma das principais características de Redes de Ambiente é a capacidade de mudar dinamicamente a sua topologia através de composições e decomposições de maneira a suportar diferentes tipos de usuários, incluindo os das redes móveis. Novos conceitos de gerenciamento de redes serão necessários para lidar tanto com os problemas atuais quanto com os novos problemas de gerenciamento trazidos pela introdução deste tipo de rede.

O gerenciamento para estas redes compostas deve ser simples, de baixo custo, escalável e robusto. Para atingir estes objetivos, os componentes de um sistema de gerenciamento de redes devem ser mais dinâmicos, autônomos e devem participar mais ativamente da rede.

Quando duas Redes de Ambiente se compõem, um desafio crucial é transformar o sistema de gerenciamento de ambas as redes em um único sistema de gerenciamento consistente para a rede composta. De maneira similar, quando as redes se decompõem este sistema de gerenciamento único deve ser separado.

Para lidar com este desafio é proposta a utilização de políticas [11] e *peer-to-peer* [23]. As políticas serão usadas para determinar como será composto/decomposto o novo sistema de gerenciamento bem como quais serão os recursos compartilhados ou não pelas redes que desejam se compor/decompor. A abordagem P2P realizará a integração entre os sistemas individuais de gerenciamento de cada Rede de Ambiente para estabelecer um sistema de gerenciamento consistente para a rede composta.

Uma outra proposta é a utilização de *self-management* [22]. Esta técnica permite a redução do custo de distribuição e operação da rede e aumenta a escalabilidade das Redes de Ambiente.

Políticas, peer-to-peer e self-management serão integrados em um arcabouço de gerenciamento para Redes de Ambiente que objetiva reduzir o custo operacional e aumentar a escalabilidade das Redes de Ambiente. A eficiência deste arcabouço será verificada através de simulações. Estas abordagens serão tratadas detalhadamente nas seções a seguir.

4.1 Políticas

Diversas tentativas para o desenvolvimento de novos métodos de gerenciamento de redes vêm sendo desenvolvidas ao longo dos últimos anos com objetivos como o de simplificar e automatizar o processo de gerenciamento ou suportar dinamicamente a adaptabilidade de comportamento através da mudança de políticas sem recodificar ou parar o sistema. Dessa forma, políticas podem ser vistas como regras que governam as escolhas no comportamento de um sistema, podendo ser derivadas e/ou influenciadas por objetivos e metas de negócios, acordos a nível de serviços (SLAs) ou relacionamentos de confiança (*trust relationships*). Em Redes de Computadores, estas se referem à habilidade de administrar, gerenciar e controlar acesso aos recursos dos seus elementos para

fornecer um conjunto de serviços aos seus clientes, que podem ser vistos como usuários, aplicações e serviços.

O objetivo a atingir com o gerenciamento por políticas é a especificação de um conjunto de regras genéricas que podem ser aplicadas a um ou vários equipamentos de rede. Com as ferramentas apropriadas, estas regras genéricas, ou políticas, podem ser criadas, instaladas, monitorizadas, modificadas ou ainda eliminadas dos diversos equipamentos da rede com um pequeno custo operacional independentemente do tipo de equipamento ou fabricante dos equipamentos que constituem a rede.

A arquitetura geral de um sistema de gerenciamento baseado em políticas e linguagens para especificação de políticas são apresentadas a seguir.

4.1.1 Arquitetura Geral

A arquitetura de gerenciamento por políticas (PBN) teve origem no trabalho desenvolvido pelo grupo *Policy Framework* do IETF (*Internet Engineering Task Force*) [11]. A arquitetura definida descreve as principais entidades existentes, sem descrever nenhuma norma para a sua implementação. Esta arquitetura é composta por quatro entidades principais como pode ser observado na Figura 7. A comunicação entre estas entidades é efetuada usando dois protocolos distintos: protocolo para acesso ao repositório e protocolo para difusão de políticas.

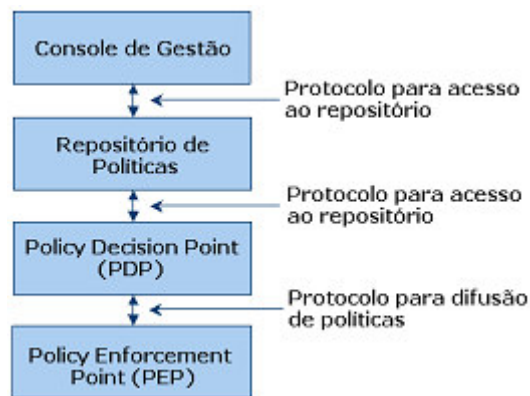


Figura 7. Arquitetura Geral [12]

O Console de Gestão permite a edição, tradução e validação das políticas definidas de modo a poderem ser armazenadas no repositório de políticas e posteriormente postas em prática. Este console pode ser uma interface gráfica, um script ou uma interface de linha de comando. Assim, a tradução consiste no mapeamento de formas abstratas para a sintaxe do modelo de informações do repositório de políticas e a validação consiste na checagem sintática e semântica básicas.

O Repositório de Políticas é o local onde as políticas associadas a um determinado domínio estão armazenadas, ou seja, é a base de dados contendo essa mesma informação. Exemplos deste são servidores de diretórios e banco de dados. O modelo mais utilizado é o modelo de diretórios e é complementado por uma estrutura de dados chamada PIB (*Policy Information Base*). A estrutura de uma PIB, em forma de árvore, é semelhante à de uma MIB (*Management Information Base*), existindo inclusive mecanismos que

permitem efetuar a conversão de uma PIB para uma MIB. A PIB contém toda a informação estruturada de acordo com o tipo ou classe das políticas definidas.

O PDP (*Policy Decision Point*) é responsável por efetuar o processamento de políticas definidas para a rede, juntamente com outros dados relevantes para a administração da rede. Ele adquire, distribui e opcionalmente traduz regras em mecanismos de políticas do alvo. O PDP toma as decisões posteriormente transformadas em novas configurações para os PEPs consultando o repositório de políticas.

O PEP (*Policy Enforcement Point*) funciona normalmente nos equipamentos ativos de uma rede realizando as ações impostas pelas regras de políticas. O PEP é responsável por gerenciar cada equipamento de acordo com as instruções recebidas pelo PDP. Possui também a responsabilidade de traduzir e instalar as políticas nestes equipamentos.

Para melhorar o desempenho do tempo de resposta entre requisição do PEP e decisão de política do PDP, pode ser utilizado um ponto de decisão local de políticas, o LPDP (*Local Policy Decision Point*) que deve estar fisicamente localizado no mesmo dispositivo do PEP a que irá responder. A decisão tomada por um LPDP é uma decisão parcial que pode ou não requerer interferência de um PDP, que permanece como uma autoridade final de decisão de políticas.

Para a troca de informação ser efetuada com sucesso entre os vários componentes da arquitetura existe a necessidade da utilização de protocolos normalizados. Assim, estes protocolos permitirão a comunicação sem restrições entre produtos de vários fabricantes assegurando assim o caráter geral da solução. Os protocolos principais utilizados para difusão de políticas são: COPS (*Common Open Policy Service*) e COPS-PR (*COPS for Policy Provisioning*). O COPS foi criado especialmente para o transporte de políticas. Ele é responsável pelo intercâmbio de informações entre PDPs e PEPs existindo uma relação direta entre os pedidos, ou seja, para cada solicitação de um PEP a uma resposta de um PDP. Já o COPS-PR é uma extensão do protocolo COPS para o modelo *provisioning*, ou seja, os PEPs recebem um conjunto inicial de políticas e são atualizados quando o PDP encontrar novas políticas aplicáveis.

O Protocolo para acesso ao repositório varia de acordo com o tipo de repositório escolhido para armazenar as políticas, ou seja, se estas forem armazenadas em banco de dados, o protocolo utilizado é o SQL (*Structured Query Language*) ou se forem armazenadas em diretório, o mais comum, é utilizado o protocolo LDAP (*Lightweight Directory Access Protocol*). O LDAP é similar ao SQL no sentido que é uma linguagem para interagir com bancos de dados sem especificar um banco de dados particular. Esta tarefa é atribuída ao programador.

4.1.2 Linguagens para especificação de políticas

A especificação de políticas pode ser efetuada através do uso de uma linguagem e um conjunto de acessórios que permitam manipular esta linguagem. A criação de uma interface gráfica permitindo ao administrador uma maior abstração desta linguagem é de grande importância.

Uma linguagem de especificação de políticas deve ser simples e facilmente compreensível pelos utilizadores. Deve permitir suporte para múltiplas atividades de gerenciamento, por exemplo políticas de segurança e controle de acessos.

Ainda não existe uma norma sobre qual a linguagem de especificação de políticas que deve ser utilizada pelos equipamentos mas as mais utilizadas são PONDER [13], PAX PDL (Pattern Description Language) [17] e SRL (Simple Ruleset Language) [18]. As principais características de cada uma são apresentadas a seguir:

1. PONDER: A Ponder é uma linguagem de especificação de políticas criada pelo grupo de políticas do Imperial College na Inglaterra. Esta é resultante de muitos esforços acumulados em vários anos de trabalho desse grupo. A Ponder tanto provê um meio comum de especificar políticas de segurança que são mapeadas em vários mecanismos de controle de acesso para firewalls, banco de dados e Java como suporta políticas obrigatórias que são regras de condições/ações disparadas por eventos para gerenciamento de sistemas distribuídos baseado em políticas.

Os tipos de políticas permitidos pela Ponder são políticas básicas, compostas e meta-políticas. As políticas consideradas como básicas são as de autorização, obrigatórias, de restrições (do inglês *refrain*) e de delegação. Já as políticas compostas podem ser dadas por grupos, papéis (roles), estruturas de gerenciamento, relacionamentos e especialização de tipos.

As políticas de autorização são essencialmente políticas de segurança relacionadas ao controle de acesso e especificam que atividades um usuário é permitido ou proibido de fazer num conjunto de objetos alvos. Estas políticas são projetadas para protegê-los e são interpretadas por agentes de controle de acesso ou sistemas em tempo de execução. As políticas de autorização podem ser negativas e positivas, as negativas absterem o objeto de algum tipo de autorização e as positivas podem também incluir filtros para transformar os parâmetros associados às suas ações ou para selecionar subconjuntos da informação provida nos parâmetros de entrada e saída ou o resultado da invocação.

2. PAX: É uma linguagem de propósito especial usada para definição de filtros para entradas sequenciais. Esta descreve critérios de casamento de padrões em dispositivos de redes baseados em políticas, tais como roteadores de *QoS*, *switches*, filtros de pacotes, *probes* *RMON* (*Remote Monitoring*) e suavizadores de tráfego. Esta linguagem provê meios consistentes de programação destes dispositivos, independente de plataformas de *hardware* e *software*. Programas escritos em *PAX* podem ser construídos de forma incremental, o que encoraja projetos modulares e orientados a objetos. Ressalta-se que o uso de concatenação e combinação de campos na construção de padrões complexos a partir de padrões simples, e a habilidade de nomear padrões, torna a linguagem *PAX* poderosa e flexível para descrever padrões em comunicação de dados.
3. SRL: A *SRL* é uma linguagem procedural para criar conjuntos de regras de medidas de fluxo em tempo real (*Real-time traffic flow – RTFM*). Estes conjuntos especificam que fluxos devem ser medidos e como tal informação deve ser coletada para cada fluxo. Posteriormente, estas informações são enviadas para os medidores *RTFM*. Estes usam um mecanismo de casamento de padrão para

comparar os conjuntos de regras armazenados com os atributos extraídos dos fluxos de tráfego e selecionar quais fluxos deve monitorar. Os atributos aplicados aos fluxos são específicos ao tráfego da rede e são mapeados para endereços de origem e destino e números de portas. Esta linguagem pode ser útil em qualquer aplicação que envolva: seleção de fluxos de tráfego a partir de um fluxo de pacotes; realização de alguma ação em resposta a tal seleção – incluindo salvar atributos de identificação de fluxo, bem como armazenar dados estatísticos sobre tal identificação.

4.2 P2P

Redes *peer-to-peer* (P2P) são redes virtuais que funcionam na Internet com o objetivo de compartilhar recursos entre os participantes, sendo que por princípio não existe diferenciação entre eles.

A computação P2P tem promovido uma grande modificação nos padrões de uso da Internet nos últimos anos. Sua grande vantagem, em relação à computação cliente/servidor, é possibilitar a colaboração direta entre os usuários, sem depender de servidores administrados por terceiros. Redes P2P permitem que recursos computacionais sejam compartilhados pelos usuários da Internet, mesmo que as máquinas estejam escondidas atrás de *firewalls* e NATs. Na verdade, esse termo aparentemente inovador consiste na re-introdução de um modelo usado no início da Internet, que possui benefícios, mas também uma série de problemas.

A tecnologia P2P surge para mudar o paradigma existente, pois não depende de uma organização central ou hierárquica, além de seus integrantes terem as mesmas capacidades e responsabilidades. Através dessa tecnologia qualquer dispositivo pode acessar diretamente os recursos de outro, sem nenhum controle centralizado.

A inexistência de um servidor central significa que é possível cooperar para a formação de uma rede P2P sem qualquer investimento adicional em *hardware* de alto desempenho para coordená-la. Outra vantagem é a possibilidade de agregar e utilizar a capacidade de processamento e armazenamento em máquinas ociosas.

Além disso, a natureza descentralizada e distribuída dos sistemas P2P torna-os inerentemente robustos a certos tipos de falhas muito comuns em sistemas centralizados. Quando um servidor cair o serviço ainda continuará a ser oferecido por outros *peers* que possuam o serviço não afetando assim o seu fornecimento. Isto não seria possível em uma rede centralizada, pois se o servidor central cair o serviço deixa de funcionar.

Finalmente, o modelo P2P apresenta o benefício da escalabilidade, para tratar de crescimentos incontáveis no número de usuários e equipamentos conectados, capacidade de rede, aplicações e capacidade de processamento. Em um sistema cliente/servidor, os servidores são os únicos responsáveis por toda a carga do sistema. Em horários de pico, estes servidores podem ficar sobrecarregados e o sistema como um todo tende a oferecer um serviço de baixa qualidade. Em um sistema P2P, quando o número de clientes na rede aumenta, cresce também o número de servidores, uma vez que todos podem atuar como clientes e servidores, aumentando na mesma proporção à quantidade de recursos compartilhados. Dessa forma, o sistema aumenta de tamanho sem perder escalabilidade [16].

Podemos concluir então que uma arquitetura P2P provê benefícios como: escalabilidade, tolerância a falhas, flexibilidade e autoconfiguração. O modelo mais promissor até o momento é o modelo baseado em *Distributed Hash Tables* (DHT) [15]. Nesse modelo, um ID randômico é associado a cada *peer* da rede que conhecem um determinado número de *peers*. Quando um documento é compartilhado em tal sistema, um ID é associado ao documento baseado em uma *hash* de conteúdo dos documentos e no seu nome. Cada *peer* então encaminha o documento ao *peer* cujo ID é mais próximo do ID do documento. Cada operação de roteamento também garante que uma cópia local do documento seja mantida. Quando um *peer* solicita o documento de um sistema P2P, a requisição irá até o *peer* com ID mais semelhante ao ID do documento. Esse processo continua até que uma cópia do documento seja encontrada. Então o documento é transferido ao *peer* que originou a requisição, enquanto cada *peer* que participou do roteamento permanecerá com uma cópia local do documento.

Para assegurar que a informação dada será localizada, se ela existir na rede, uma diversidade de algoritmos foi proposta, todos baseados em DHT. Exemplos destes algoritmos incluem Chord [19], Pastry [20] e Tapestry [21]. Estes algoritmos garantem localizar uma informação em $\log(n)$ saltos, onde n é a quantidade total de nós. Apesar de ser um número bem pequeno causa um overhead na hora de localizar uma informação. Além disso, essa solução possui um inconveniente: Antes de realizar uma consulta, o usuário deve saber a chave do documento que deseja. Ou seja, não é possível fazer consulta por palavras chaves, o que afeta bastante o emprego dessa solução. Outra limitação dessa solução é que ele consome muito processamento e realiza excessiva troca de mensagens para manter a rede consistente quando um novo nó entra ou sai da rede. Essa solução funciona melhor em uma rede que possui poucos nós intermitentes.

A tecnologia P2P mostra ser uma solução viável para a implementação de redes de ambiente devido as suas características de descentralização, escalabilidade, auto-organização e desempenho (replicação, caching e roteamento inteligente).

4.3 Autogerenciamento

Atualmente, se faz necessário que os procedimentos de operação de redes (instalação ou remoção de elementos de rede, reconfiguração) sejam realizados por administradores de rede experientes em lidar com mudanças. Estas operações de gerenciamento e configuração são custosas, suscetíveis a erros e podem resultar em falhas inesperadas. Em particular, redes ativas envolvem rápidas mudanças que não podem depender dos operadores e precisam ser automatizadas.

O paradigma de computação autônoma (*Autonomic Computing*) [14] [22] permite definir soluções de autogerenciamento (*self-management*), ou seja, as entidades participantes da rede são autogerenciadas e utilizam funções e serviços automáticos, isto é, executados com o mínimo de interferência humana. Elas também são responsáveis por configurar e reconfigurar a si própria.

Self-management é considerado a essência da computação autônoma. Fazem parte desta técnica as tecnologias de autoconfiguração (*self-configuration*), auto-otimização (*self-optimization*), *self-healing* e autoproteção (*self-protection*). Autoconfiguração consiste na capacidade de configurar automaticamente os componentes do sistema e o

próprio sistema seguindo políticas de alto nível definidas pelo administrador do sistema. Na auto-otimização os componentes procuram oportunidades para melhorar sua própria performance e eficiência. *Self-healing* consiste em automaticamente detectar, diagnosticar e reparar problemas no sistema. A autoproteção permite que o sistema se defenda automaticamente contra ataques maliciosos.

As tecnologias de *self-management* aumentam a autonomia de elementos individuais da rede ou de grupos pequenos, firmemente conectados mudando o papel das entidades controladas de passivo para ativo ou mesmo pró-ativo. Os elementos da rede são responsáveis por uma quantidade significativa de funções de gerência, reduzindo as interações requeridas com um gerente, ou seja, o gerente divide as responsabilidades de gerência com os próprios elementos da rede.

Alguns fatores tornam a construção de redes auto-gerenciáveis desafiador:

1. O problema da propagação das mudanças: A tarefa de configuração e gerenciamento requer mudanças em vários elementos interdependentes. Um software autogerenciável precisa de:
 - a. Reconhecer os diferentes elementos, seus relacionamentos e estados de configuração, ou seja, descobrir a tipologia da rede;
 - b. Representar o conhecimento da seqüência de mudanças nestes elementos, ou seja, mudar as regras de propagação;
 - c. Efetuar as mudanças em cada elemento através de ferramentas de configuração e procedimentos operacionais, coordenando as mudanças que foram causadas;
 - d. Possibilitar o descobrimento e desfazer as mudanças realizadas, em caso de falha.
2. O problema da configuração de políticas: As mudanças na configuração podem levar a inconsistência nos estados de configuração resultando em falhas operacionais e ineficiências. Para evitar estes problemas é necessário:
 - a. Representar as restrições da política considerando a consistência dos relacionamentos;
 - b. Aplicar estas restrições de políticas para assegurar configurações consistentes;
 - c. Permitir que as organizações programassem as suas próprias políticas para que suas políticas operacionais surtam efeito.
3. O problema da composição: Uma rede autoconfigurável precisa adaptar as mudanças nas regras de propagação e restrições de políticas para a configuração da rede. Estas regras e restrições devem ser compostas por mudanças nas mesmas e serem associadas a elementos individuais.

5 Estudo de Caso

Para ter subsídios para a implementação dos conceitos de gerenciamento apresentados, necessita-se entender em detalhes as principais características da composição/decomposição de Redes de Ambiente. O estudo de caso trata-se de uma aplicação da composição/decomposição de redes visando descobrir ou validar características inerentes à operação e mostrar o comportamento das redes quando uma composição ou decomposição ocorre. Este comportamento se refere à frequência com a qual as redes se compõem, quais tipos de rede se compõem mais ou menos, quais são as causas dos bloqueios de composição e como fazer para minimizá-los.

Uma vez que a composição de redes atualmente se apresenta apenas de forma muito teórica e abstrata, até mesmo por sua recente proposição, esta seção tem por objetivo principal ilustrar o processo de composição e decomposição de Redes de Ambientes. Diante da impossibilidade de testar tais conceitos de forma prática e real, optou-se por fazê-lo através de simulação. Para atingir este objetivo foi especificado e implementado o AN Composition Simulator, um simulador de propósito específico para Composição de Redes de Ambiente, contemplando as principais características descritas no capítulo 3 e introduzindo alguns conceitos propostos por este trabalho.

5.1 *Simulador de Composição em ANs*

No AN Composition Simulator as Redes de Ambiente são compostas por usuários e serviços. Os usuários podem utilizar os serviços da rede a que eles pertencem ou requisitar serviços de outras Redes de Ambiente. Cada serviço possui um peso que representa a sua importância em cada rede. Este peso será utilizado para a escolha da rede destino. O procedimento de escolha será explicado mais adiante.

O AN Simulator é um simulador orientado a eventos. Os eventos são de dois tipos: requisição de um determinado tipo de serviço e posterior finalização do serviço requerido. O tempo em que estes serviços irão acontecer é determinado a partir de uma distribuição Poisson [24] que representa a taxa de requisição ou finalização dos serviços. Cada serviço possui sua própria taxa de pedido e finalização dependendo do seu tipo.

Um conceito proposto por esse trabalho é de que os pedidos de serviço podem ser feitos de duas formas, dadas por uniserviço ou multiserviço. Na forma uniserviço, o pedido é realizado para um tipo de serviço específico, serviço pelo qual o usuário está interessado no momento, ou seja, o usuário requisita apenas um determinado tipo de serviço. Na forma multiserviço, o pedido é feito para o serviço requerido e para outros serviços que o usuário possa se interessar futuramente, ou seja, além do serviço principal requerido, a requisição é feita para outros serviços de menor importância. Desta maneira evita-se pedidos futuros, tentando assim diminuir o número de tentativas de composição.

Um outro conceito proposto é de que os serviços podem ser classificados de duas maneiras de acordo com a requisição, essenciais e opcionais. Um serviço essencial é

necessário à composição. Se ele não puder ser oferecido a composição falha e um erro é retornado. Um serviço opcional é um serviço desejável que se não puder ser oferecido pela rede não causa falhas na composição. Normalmente, a forma uniserviço requisita serviços essenciais, enquanto a forma multiserviço combina pedidos de serviço essenciais e opcionais.

Os pedidos de serviço podem ou não gerar pedidos de composição de rede. Isto é determinado dependendo da escolha da rede de destino e de sua disponibilidade, ou seja, se ela possui o serviço requerido e se este ainda aceita usuários.

A escolha da rede destino é realizada de acordo com o peso do serviço em cada rede, isto é, a rede que possui o serviço com maior peso tem a probabilidade maior de ser escolhida como rede de destino. O procedimento para a escolha da rede é o seguinte:

1. Primeiramente, verificam-se quais são as redes que oferecem o serviço requerido;
2. Cada rede encontrada possui um peso para o serviço requerido que será adicionado num gráfico de linha;
3. Depois de adicionadas todas as redes, um número é escolhido aleatoriamente a partir de uma distribuição uniforme;
4. A rede pertencente à distribuição que possuir o número gerado será a rede de destino.

Ilustrando o procedimento descrito acima se observa a Figura 8 apresentando uma topologia de Redes de Ambiente.

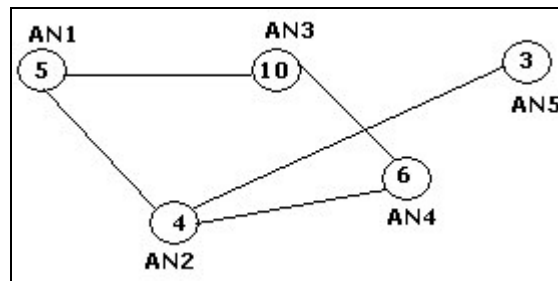


Figura 8. Topologia de uma Rede de Ambiente.

Considerando que cada uma das redes possui o mesmo serviço e que ele possui o peso indicado em cada uma das redes, a seguinte distribuição pode ser visualizada na Figura 9:

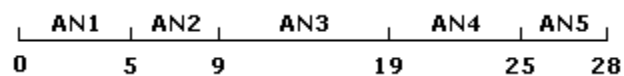


Figura 9. Distribuição de pesos

Nota-se que a diferença entre os intervalos corresponde ao peso do serviço em cada rede.

Depois de gerada a distribuição, um número aleatório é escolhido. Se, por exemplo, o número escolhido for 10, a rede de destino será a Rede de Ambiente AN3. Se o número escolhido for 20, a rede de destino será a AN4 e assim por diante.

Concluindo, podemos observar que se a rede de destino escolhida for a própria rede, a composição não precisa ser realizada; caso contrário, um caminho até a rede escolhida é procurado.

O caminho é procurado de acordo com os enlaces definidos pela topologia, buscando sempre o menor caminho até a rede destino. Encontrado o caminho, a disponibilidade do serviço no mesmo é verificada. Se o serviço não estiver disponível em todas as redes do caminho, outro caminho é procurado. Dessa forma, o caminho encontrado será o menor caminho que possui o serviço em todas as redes pertencentes ao mesmo. Se não existir nenhum caminho que satisfaça essas condições, é considerado que ocorreu uma falha na composição.

Ilustrando o que foi explicado acima consideremos a Figura 10 onde podemos observar a topologia de uma Rede de Ambiente e em quais redes o serviço requerido está disponível.

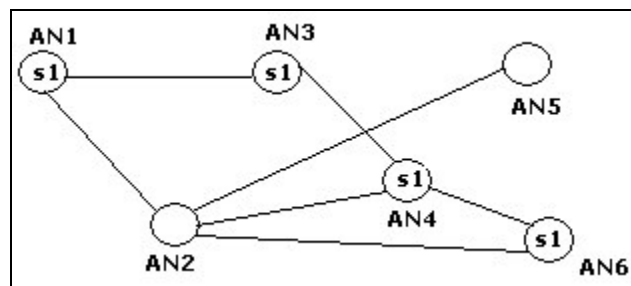


Figura 10. Topologia de uma Rede de Ambiente.

Assumindo-se que a rede que solicitou o serviço s1 seja a AN1 e a rede de destino seja a AN6 observamos que o menor caminho entre as duas é o seguinte: AN1 – AN2 – AN6. Porém, neste caminho, o serviço não é oferecido por uma das redes, no caso a AN2, logo o caminho é descartado e outro é procurado. São observados então mais dois caminhos entre as redes de origem e de destino: AN1 – AN2 – AN4 – AN6 e AN1 – AN3 – AN4 – AN6. Porém, como sabemos o serviço não é oferecido pela rede AN2. Então, o caminho encontrado que oferece o serviço em todas as redes que o compõe é o: AN1 – AN3 – AN4 – AN6. Como dito anteriormente, este é o menor caminho entre a rede de origem e de destino que possui o serviço a ser oferecido em todas as redes que o compõe. Se for encontrado mais de um caminho com o mesmo tamanho, o escolhido será aquele encontrado primeiro.

A composição é realizada entre as redes adjacentes do caminho encontrado. Por exemplo, se o caminho for o mostrado acima (AN1 – AN3 – AN4 – AN6), a composição será realizada entre as redes AN1 e AN3, AN3 e AN4, AN4 e AN6. Assim, as redes AN1 e AN6 poderão compartilhar os serviços. Se entre as redes já existir uma composição, o acordo de composição é modificado para que elas compartilhem os serviços pedidos.

No AN Composition Simulator, o acordo de composição é formado pelos serviços compartilhados entre as redes que efetuaram a composição. Este acordo de composição é armazenado pelo ACS de cada Rede de Ambiente, ou seja, o ACS guarda as composições ativas da rede a qual ele está ligado. Assim, quando ocorre uma nova composição ou alteração nos serviços compartilhados por uma composição existente, cabe ao ACS gerenciá-las e atualizar os acordos de composição nele armazenados.

A decomposição será realizada de acordo com o definido pelo evento de finalização de serviço e esta só acontecerá se nenhum serviço está sendo utilizado pelas redes compostas. Por exemplo, se o evento de finalização de serviço definir uma decomposição entre as redes AN1 e AN6 sendo o caminho o AN1 – AN3 – AN4 – AN6, verifica-se se os serviços estão sendo utilizados em cada rede que compõe o caminho. Se os serviços estiverem sendo utilizados, a decomposição não poderá ser realizada.

Nesse contexto, os fatores configuráveis para a simulação de ANs no simulador construído são:

- 1) Tempo de simulação: representa o tempo total de simulação em horas;
- 2) Quantidade de replicações desejadas: representa o número de vezes que uma série de experimentos é repetida;
- 3) Topologia da rede: consiste de todos os elementos que compõem a rede como tipos de serviços, redes que compõem a topologia;
- 4) Tipo de pedido de serviço: pode ser uniserviço ou multiserviço;
- 5) Taxa de solicitação de cada serviço que compõe cada rede da topologia: corresponde a taxa em que cada serviço é solicitado. Esta taxa depende do tipo do serviço;
- 6) Peso de cada serviço em cada rede da topologia;
- 7) Duração de cada serviço em cada rede da topologia;
- 8) Quantidade de serviços por rede da topologia: número de serviços que cada rede da topologia possui;
- 9) Quantidade máxima de usuários que um serviço pode aceitar: corresponde a quantidade máxima de conexões disponíveis;
- 10) Quantidade de usuários de cada rede da topologia: corresponde a quantidade de usuários que cada rede possui.

5.2 Configurações

Este estudo de caso ilustra a composição e decomposição de redes de ambiente através de simulação, utilizando-se o AN Composition Simulator. A topologia da rede utilizada para o cenário deste estudo de caso é apresentada na Figura 11, onde se pode observar 8 redes de ambiente, onde cada uma possui conexões com as outras redes.

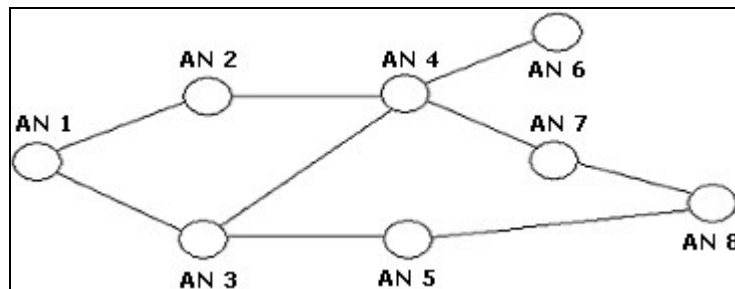


Figura 11. Topologia da rede do Estudo de Caso.

O tempo total de simulação utilizado foi de 1 hora e foram realizadas 100 replicações.

A Tabela 1 mostra a distribuição dos serviços para cada uma das redes, ou seja, quais serviços cada rede da topologia possui. Cada uma possui no máximo cinco serviços:

Tabela 1. Distribuição de serviços

Serviços	AN1	AN2	AN3	AN4	AN5	AN6	AN7	AN8
Serviço 1	√	√	√	√	√	√	√	√
Serviço 2	√	√	--	√	--	--	√	√
Serviço 3	--	√	√	√	√	√	√	--
Serviço 4	√	√	√	√	√	--	--	√
Serviço 5	--	--	√	√	--	--	--	√

Nas simulações, quando as redes possuírem no máximo 1 serviço, o serviço será o de número 1; quando elas possuírem no máximo 2 serviços o serviço será o de número 1 e/ou o de número 2 e assim sucessivamente. Por exemplo, quando as redes possuírem no máximo três serviços a Rede de Ambiente AN2 terá os serviços 1, 2 e 3, enquanto a Rede de Ambiente AN6 terá apenas os serviços 1 e 3.

A Tabela 2 mostra a variação do peso de cada serviço na rede, a sua taxa de pedido e a duração:

Tabela 2. Características de cada tipo de serviço

Serviços	Peso do Serviço	Taxa de Pedido	Duração do Serviço
Serviço 1	2	0,05	0,3
Serviço 2	10	0,03	0,5
Serviço 3	15	0,12	0,15
Serviço 4	10	0,08	0,2
Serviço 5	2	0,20	0,1

De acordo com a tabela acima, podemos observar que o serviço 2 possui peso 10, uma taxa de pedido de 0,03 pedidos por minuto e uma duração de 0,5 horas, enquanto o serviço 3 possui peso 15, uma taxa de pedido de 0,12 pedidos por minuto e uma duração de 0,15 horas.

Para todos os gráficos apresentados neste capítulo, a legenda mostra a variação da quantidade máxima de conexões possíveis para cada serviço da rede. A variação pode ser visualizada na Tabela 3:

Tabela 3. Quantidade máxima de conexões possíveis

Seqüências	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5	Total
Seqüência 1	25	14	63	40	70	221
Seqüência 2	23	12	56	36	63	190
Seqüência 3	20	10	50	32	56	168
Seqüência 4	18	9	45	28	50	150
Seqüência 5	16	8	40	25	45	134

Assim, a seqüência 1 representa que o total de conexões possíveis é de 221 para cada rede da topologia sendo distribuídas pelos serviços como mostrado na primeira linha da tabela. A seqüência 2 representa que o total de conexões possíveis é de 190 para cada rede da topologia sendo distribuídas pelos serviços como mostrado na segunda linha da tabela, e assim sucessivamente diminuindo 10% de uma linha para a outra. Esta quantidade máxima é atingida apenas quando as redes oferecem os cinco serviços.

Basicamente foram utilizadas cinco métricas para avaliar o desempenho das redes de ambiente. Quatro dessas cinco métricas são relacionadas à composição e uma é relacionada ao controle de admissão. Estas métricas são:

1. Taxa de Bloqueio de Composições: representada pelo número de composições que não foram realizadas com sucesso de acordo com o número total de composições solicitadas.
2. Taxa de Decomposições: representada pelo número de decomposições que ocorreram na rede de acordo com a duração dos serviços requisitados em relação ao número total de composições realizadas.
3. Tamanho dos Caminhos: representado pelo caminho médio entre a rede que originou o pedido de serviço e a rede destino encontrada.
4. Número de Mudanças no Acordo de Composição: representado pela taxa de mudanças no acordo em relação ao número total de pedidos de composição.
5. Taxa de Bloqueio de serviço: representado pelo número de falhas que ocorreram na tentativa de composição das redes de acordo com o pedido por determinado serviço e este já ter atingido o número máximo de usuários.

Além disso, será apresentada uma comparação entre o número total de pedidos de serviço e o número total de composições solicitadas com objetivo de saber a quantidade de pedidos de serviço que geram pedidos de composição.

5.3 Simulações e Resultados

Nas subseções seguintes, será apresentado o comportamento obtido das Redes de Ambiente em relação à composição e decomposição quando os pedidos de serviço são do tipo uniserviço e multiserviço. Ressalta-se que o comportamento apresentado considera as cinco métricas definidas anteriormente (seção 5.2).

5.3.1 Bloqueio de Composições

O bloqueio de composições representa a porcentagem de composições que foram bloqueadas em relação ao número total de pedidos de composição. Esta métrica é influenciada diretamente pela disponibilidade do serviço no caminho escolhido, ou seja, o serviço deve estar presente em todas as redes que compõem o caminho entre a rede que originou o pedido de serviço e a rede destino. É influenciada também pela disponibilidade de conexões do serviço requerido em cada rede do caminho, ou seja, o serviço deve aceitar usuários em todas as redes que compõe o mesmo.

Nesta seção, os gráficos mostram as taxas de bloqueio de composições de acordo com os tipos de pedidos de serviço, uniserviço e multiserviço. O eixo das abcissas representa o número total de usuários que compõem cada rede da topologia descrita na seção anterior e o eixo das ordenadas representa a taxa de bloqueio de composições, ou seja, a porcentagem de composições que não foram realizadas.

A Figura 12(a) e a Figura 12(b) mostram os valores obtidos para a taxa de bloqueio de composição em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis como mostrado na tabela acima. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui apenas 1 serviço (serviço 1), ou seja, no máximo possuem 25 conexões disponíveis e no mínimo 16. O intervalo de confiança mostrado nas figuras possui 99% de confiança.

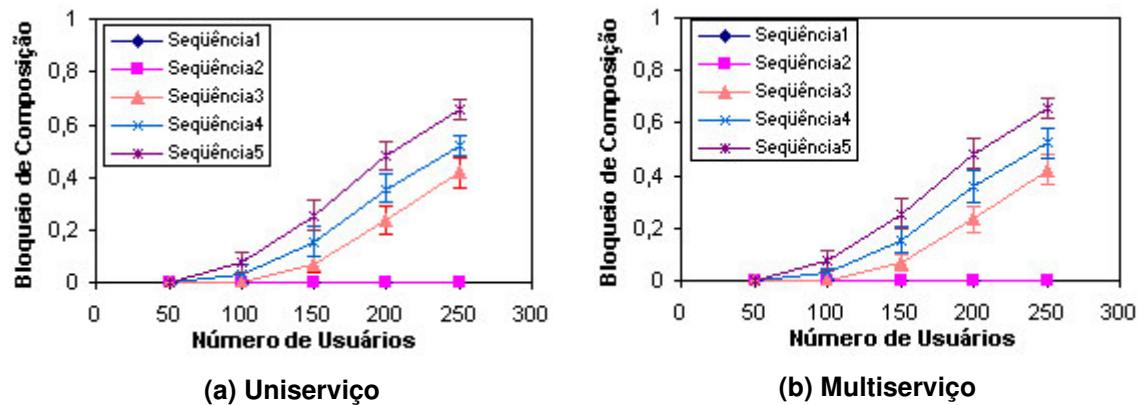


Figura 12. Bloqueio de Composição para no máximo 1 serviço

Analisando-se as Figuras 12(a) e 12(b), pode-se observar que o caso uniserviço e o multiserviço possuem os mesmos valores para a taxa de bloqueio de composição. Isto ocorre porque o multiserviço pode pedir mais de um serviço, porém como a rede só possui um serviço no total ele passa a se igualar ao uniserviço.

Observa-se também que um aumento na quantidade de usuários da rede causa um aumento na taxa de bloqueio. Isto ocorre porque aumentando-se a quantidade de usuários, causa-se um aumento na taxa de pedido de serviço, ou seja, se uma rede possui um maior número de usuários, ela vai pedir mais serviços do que uma rede que possui menor quantidade. Se uma rede pede mais serviços, ela solicita mais composições (como será mostrado na seção 5.3.6) e consequentemente usará as conexões disponíveis, ocupando-as. Quando todas as conexões estiverem ocupadas, um bloqueio ocorrerá causando uma falha na composição.

As falhas na composição também podem ocorrer quando o serviço não estiver presente em todas as redes que compõem o caminho entre a rede que originou o pedido de serviço e a rede destino.

As figuras 12(a) e 12(b) também mostram que diminuir a quantidade de conexões disponíveis causa um aumento na taxa de bloqueio. Isto ocorre porque as conexões disponíveis serão ocupadas mais rapidamente. Por exemplo, quando a quantidade de conexões disponíveis são 25 (no máximo 25, pois há apenas 1 serviço na rede) quase não ocorre falha na composição. Já quando trata-se de 16 conexões a taxa chega a mais de 60%.

A Figura 13(a) e a Figura 13(b) mostram os valores obtidos para a taxa de bloqueio de composição em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui no máximo 2 serviços (serviço 1 e/ou serviço 2), ou seja, no máximo possuem 39 conexões disponíveis e no mínimo 24. O intervalo de confiança mostrado nas figuras possui 99% de confiança.

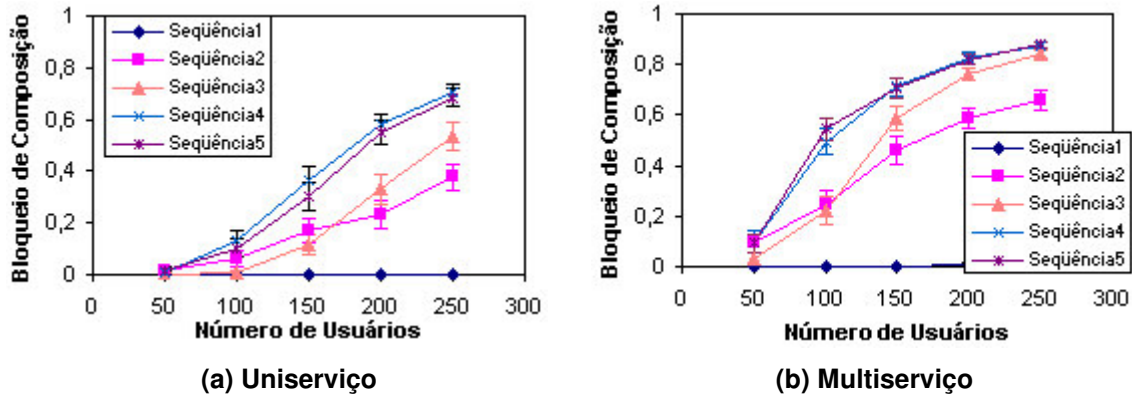


Figura 13. Bloqueio de Composição para no máximo 2 serviços

Analisando-se as Figuras 13(a) e 13(b), pode-se observar que ocorre um aumento na taxa de bloqueio do caso uniserviço para o multiserviço. Isto acontece porque no caso multiserviço vários pedidos de serviço são realizados simultaneamente aumentando assim a utilização de serviços na rede. Estes pedidos são realizados mesmo para os serviços que não serão utilizados no momento do pedido, tendo como consequência uma reserva de recursos e causando assim mais bloqueios de composição.

Como podemos observar nas figuras, um aumento na quantidade de usuários na rede causa um aumento na taxa de bloqueio. Este resultado é compatível com a premissa de que se mais usuários estão utilizando os serviços, o número máximo de usuários por serviço será facilmente alcançado, o que causará o bloqueio no pedido de composições.

As figuras também mostram que a diminuição no número de conexões disponíveis causa um aumento na taxa de bloqueio de composição. No caso uniserviço a taxa de bloqueio de composição chega a alcançar mais de 60%, enquanto no caso multiserviço ela alcança mais de 80%.

A Figura 14(a) e a Figura 14(b) mostram os valores obtidos para a taxa de bloqueio de composição em função do número de usuários da rede, para cada quantidade

máxima de conexões possíveis. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui no máximo 3 serviços (serviço 1, serviço 2 e/ou serviço 3), ou seja, no máximo possuem 103 conexões disponíveis e no mínimo 64.

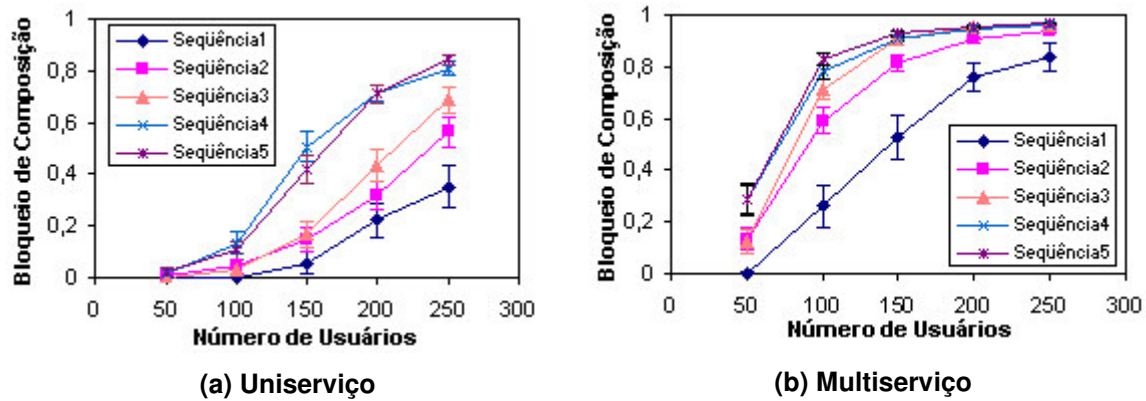


Figura 14. Bloqueio de Composição para no máximo 3 serviços

Como podemos observar nas figuras acima, o aumento da taxa de bloqueio de composição continua ocorrendo quando passamos do caso uniserviço para o multiserviço. Este aumento também pode ser observado quando o número de conexões disponíveis é diminuído. Quando o número de usuários da rede é aumentado também ocorre um aumento na taxa de bloqueio de composição chegando a mais de 80% no caso uniserviço e a mais de 90% no caso multiserviço.

A Figura 15(a) e a Figura 15(b) mostram os valores obtidos para a taxa de bloqueio de composição em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui no máximo 4 serviços (serviço 1, serviço 2, serviço 3 e/ou serviço 4), ou seja, no máximo possuem 143 conexões disponíveis e no mínimo 89.

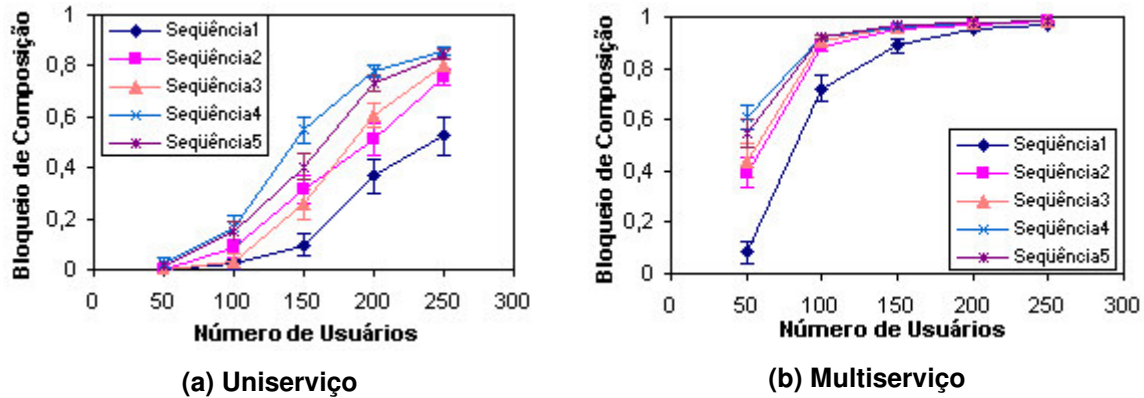


Figura 15. Bloqueio de Composição para no máximo 4 serviços

Como podemos observar nas figuras acima, o comportamento é coerente e ocorre um aumento da taxa de bloqueio de composição quando passamos do caso uniserviço para o multiserviço. Este aumento também pode ser observado quando o número de conexões disponíveis é diminuído. Quando o número de usuários da rede é aumentado

também ocorre um aumento na taxa de bloqueio de composição. No caso multiserviço, chega a haver quase 100% de bloqueio nos casos mais extremos.

A Figura 16(a) e a Figura 16(b) mostram os valores obtidos para a taxa de bloqueio de composição em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui no máximo 5 serviços (serviço 1, serviço 2, serviço 3, serviço 4 e/ou serviço 5), ou seja, no máximo possuem 221 conexões disponíveis e no mínimo 134.

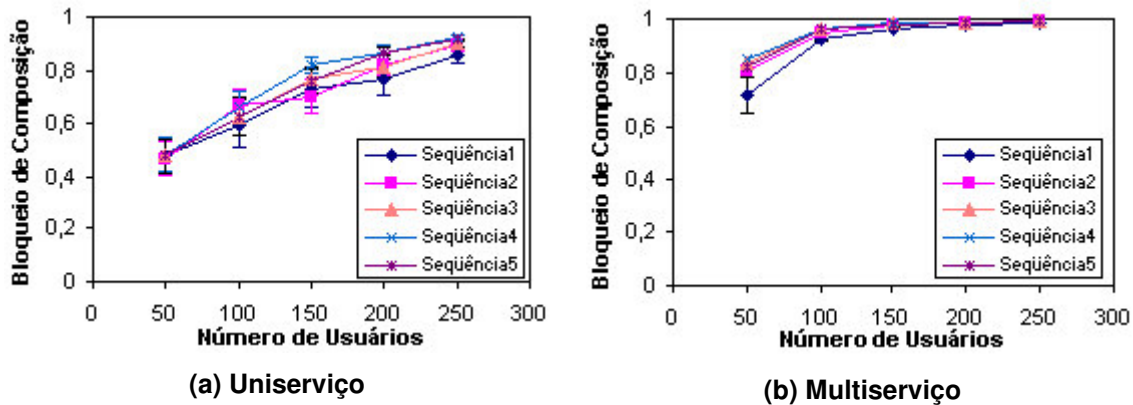


Figura 16. Bloqueio de Composição para no máximo 5 serviços

Como pode ser observado através das figuras acima, a taxa de bloqueio é maior no caso multiserviço do que no caso uniserviço. No caso multiserviço ela chega a quase 100%. Isso ocorre, pois como há mais serviços a taxa de pedido de composição aumenta, mas os serviços pedidos não estão sempre disponíveis, pois podem ter sido “reservados” anteriormente.

As figuras acima mostram que, como esperado, com o aumento da quantidade de usuários, aumento do número de serviços na rede e a diminuição de conexões disponíveis há um aumento na taxa de bloqueio.

A partir dos gráficos mostrados nas figuras 12 a 16 podemos observar que com o aumento da quantidade de serviços na rede, ocorre um aumento na taxa de bloqueio de composições como era o esperado. Como há mais serviços na rede e nem todos são oferecidos pelas redes que compõem a topologia isto causa uma falha na composição, além da indisponibilidade das conexões como mencionado anteriormente. Quando há apenas 1 serviço na rede, por exemplo, a taxa de bloqueio de composições não passa de 80%. Já quando há 5 serviços, a taxa passa de 80% para o caso uniserviço e chega a quase 100% no caso multiserviço.

O gerenciamento de redes deve ter um controle das redes da topologia como um todo, ou seja, deve controlar quais redes a compõem, quais serviços elas possuem e o quanto destes serviços podem ser compartilhados. Deve ser responsável também por verificar quais os serviços que já estão sendo compartilhados e quais destes ainda aceitam usuários bem como a disponibilidade de cada um na rede, ou seja, se eles são oferecidos por uma determinada rede. Além disso, cada rede da topologia deve ter um controle sobre quais redes estão compostas com ela e quais serviços estão sendo compartilhados com cada uma delas.

5.3.2 Taxa de Decomposições

A taxa de decomposições representa a porcentagem de decomposições que ocorreram em relação ao número total de composições entre as redes.

A decomposição só poderá ser realizada entre as redes se nenhum serviço estiver sendo compartilhado entre elas, ou seja, o tempo de compartilhamento de serviços deve ter chegado ao fim.

Nesta seção, os gráficos mostram as taxas de decomposição de acordo com os tipos de pedidos de serviço, uniserviço e multiserviço. O eixo das abcissas representa o número total de usuários que compõem cada rede da topologia e o eixo das ordenadas representa a taxa de decomposições, ou seja, a porcentagem de composições que foram decompostas.

A Figura 17(a) e a Figura 17(b) mostram os valores obtidos para a taxa de decomposição em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis como mostrado na tabela 1. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui apenas 1 serviço (serviço 1), ou seja, no máximo possuem 25 conexões disponíveis e no mínimo 16.

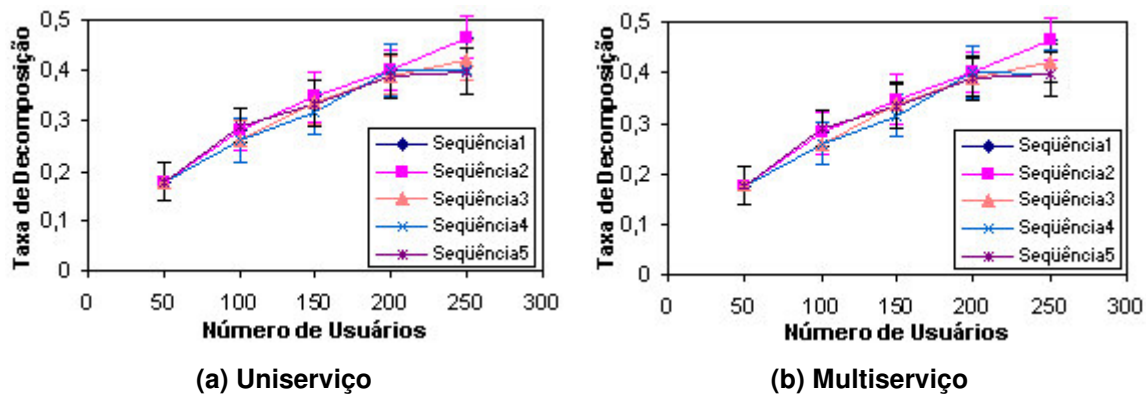


Figura 17. Taxa de Decomposição para no máximo 1 serviço

Observando-se as figuras que ilustram o caso uniserviço e multiserviço com 1 serviço no máximo podemos observar que eles se comportam igualmente como era esperado.

Observa-se também que a taxa de decomposição aumenta com o aumento de usuários na rede. Isto acontece porque com mais usuários a taxa de pedido de serviço aumentará, ou seja, as redes irão pedir mais serviços e consequentemente os serviços serão finalizados mais vezes.

Podemos observar também que uma diminuição nas conexões disponíveis não afeta a taxa de decomposição, elas continuam se decompondo na mesma porcentagem (levando em consideração o intervalo de confiança, elas se comportam igualmente). Isto acontece porque a decomposição depende do tempo de duração dos serviços e se algum serviço está sendo utilizado entre as redes compostas. Não depende do número de conexões disponíveis, já que se todas as composições que forem realizadas forem

finalizadas causa uma mesma porcentagem de decomposição como podemos observar nas figuras acima.

A Figura 18(a) e a Figura 18(b) mostram os valores obtidos para a taxa de decomposição em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui no máximo 2 serviços (serviço 1 e/ou serviço 2), ou seja, no máximo possuem 39 conexões disponíveis e no mínimo 24.

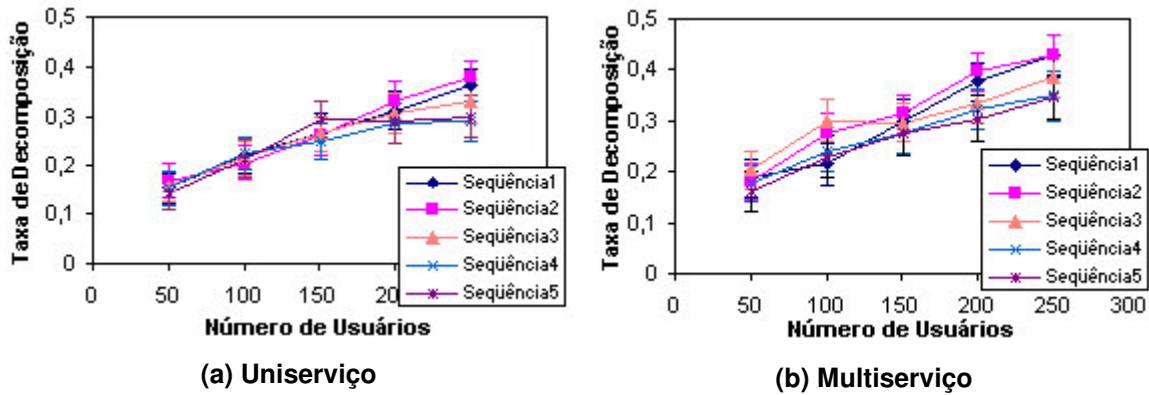


Figura 18. Taxa de Decomposição para no máximo 2 serviços

Observando-se as Figuras 18(a) e 18(b), podemos ver que as taxas de decomposição são praticamente as mesmas para os casos uniserviço e multiserviço. A diferença está para alguns casos como por exemplo quando possui muitas conexões disponíveis (sequência 1). A decomposição no caso uniserviço é maior que no caso multiserviço. Além disso podemos verificar que um aumento na quantidade de usuários da rede causa um aumento na quantidade de decomposições por razões já explicadas anteriormente.

A Figura 19(a) e a Figura 19(b) mostram os valores obtidos para a taxa de decomposição em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui no máximo 3 serviços (serviço 1, serviço 2 e/ou serviço 3), ou seja, no máximo possuem 103 conexões disponíveis e no mínimo 64.

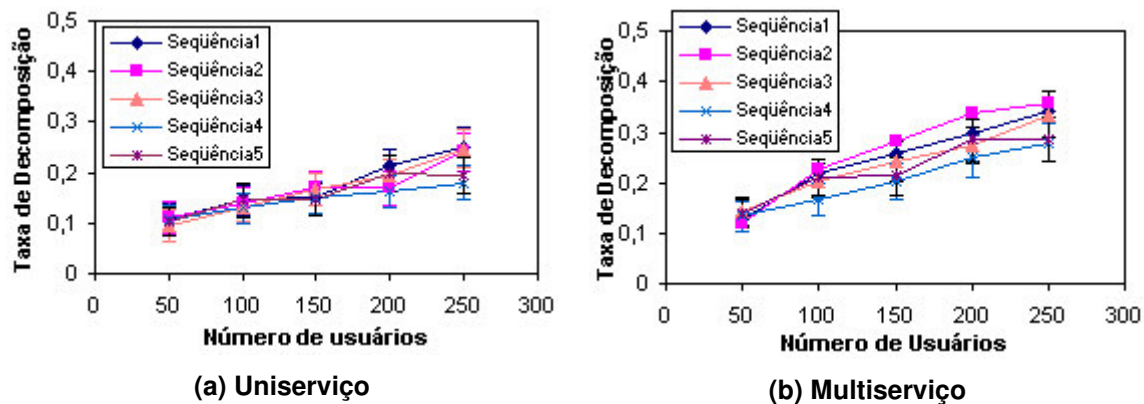


Figura 19. Taxa de Decomposição para no máximo 3 serviços

Observando-se as figuras 19(a) e 19(b) podemos ver que a taxa de decomposição para o caso uniserviço é menor que a taxa de decomposição para o caso multiserviço, pois temos menos serviços na rede e as decomposições são menos freqüentes. O aumento na quantidade de usuários causa um aumento na taxa de decomposição e a diminuição do número de conexões disponíveis não afeta a taxa de decomposição, como era esperado.

A Figura 20(a) e a Figura 20(b) mostram os valores obtidos para a taxa de decomposição em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui no máximo 4 serviços (serviço 1, serviço 2, serviço 3 e/ou serviço 4), ou seja, no máximo possuem 143 conexões disponíveis e no mínimo 89.

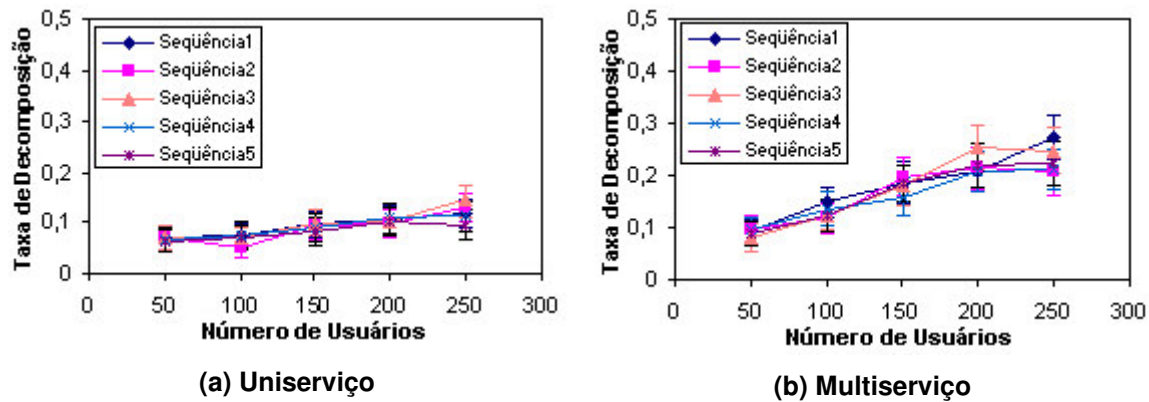


Figura 20. Taxa de Decomposição para no máximo 4 serviços

As figuras acima mostram que um aumento na quantidade de usuários aumenta a taxa de decomposição e confirmam que a quantidade de conexões disponíveis não influencia esta métrica. Para o caso multiserviço a taxa de decomposição chega a 30% das composições realizadas enquanto no caso uniserviço ela não chega a 20%.

A Figura 21(a) e a Figura 21(b) mostram os valores obtidos para a taxa de decomposição em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui no máximo 5 serviços (serviço 1, serviço 2, serviço 3, serviço 4 e/ou serviço 5), ou seja, no máximo possuem 221 conexões disponíveis e no mínimo 134.

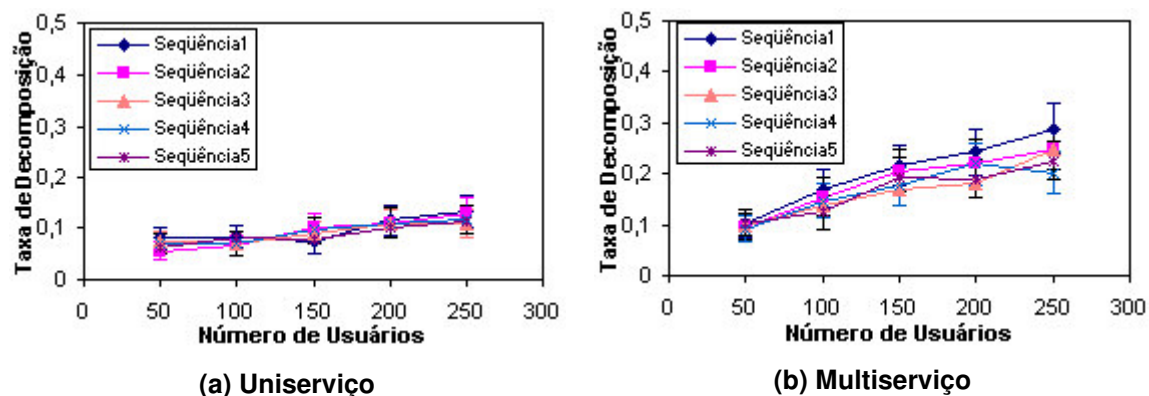


Figura 21. Taxa de Decomposição para no máximo 5 serviços

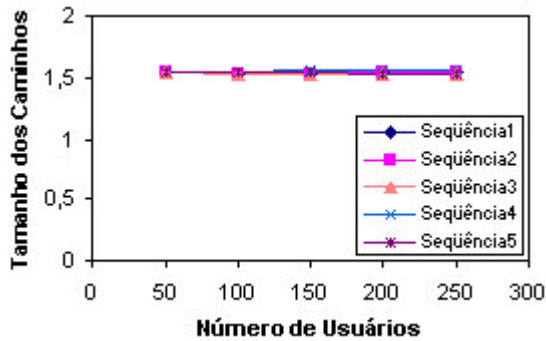
As figuras 21(a) e 21(b) mostram o mesmo comportamento descrito para as figuras 20(a) e 20(b) como já era esperado. A partir dos gráficos mostrados nas figuras 17 a 21 podemos observar que com o aumento da quantidade de serviços na rede, ocorre uma diminuição na taxa de decomposições. Isto ocorre porque há mais serviços sendo compartilhados entre as redes e a decomposição só é realizada quando nenhum serviço estiver sendo utilizado. Por exemplo, quando há apenas 1 serviço na rede, por exemplo, a taxa de decomposições chega a quase 50%. Já quando há 5 serviços, a taxa passa pouco de 10% para o caso uniserviço e chega a quase 30% no caso multiserviço.

O gerenciamento de redes deve ser responsável por verificar quais serviços estão sendo compartilhados e quais os que deixaram de ser compartilhados para que quando solicitada a decomposição esta possa ser realizada.

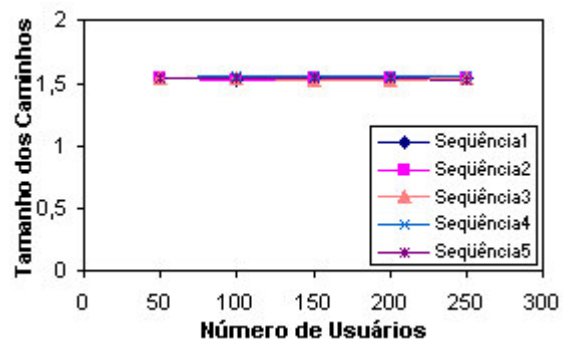
5.3.3 Tamanho dos Caminhos

Representa o tamanho médio dos caminhos entre a rede que originou o pedido de serviço e a rede destino encontrada como explicado na seção 5.1. Esta métrica é influenciada pelo peso dos serviços em cada rede.

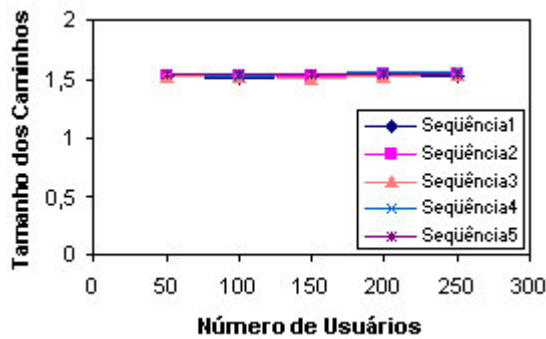
As Figuras 22(a) a 22(j) representam o tamanho dos caminhos de uma rede de origem a uma rede destino nos casos uniserviço e multiserviço. O eixo das abcissas representa o número total de usuários que compõem cada rede da topologia e o eixo das ordenadas representa o tamanho dos caminhos, ou seja, a quantidade de redes a partir da rede que solicitou o serviço até a rede destino do serviço.



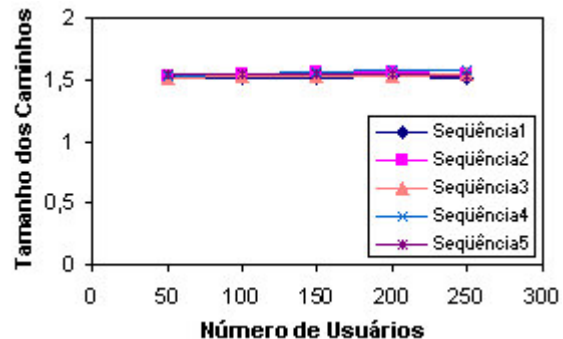
(a) Uniserviço



(b) Multiserviço



(c) Uniserviço



(d) Multiserviço

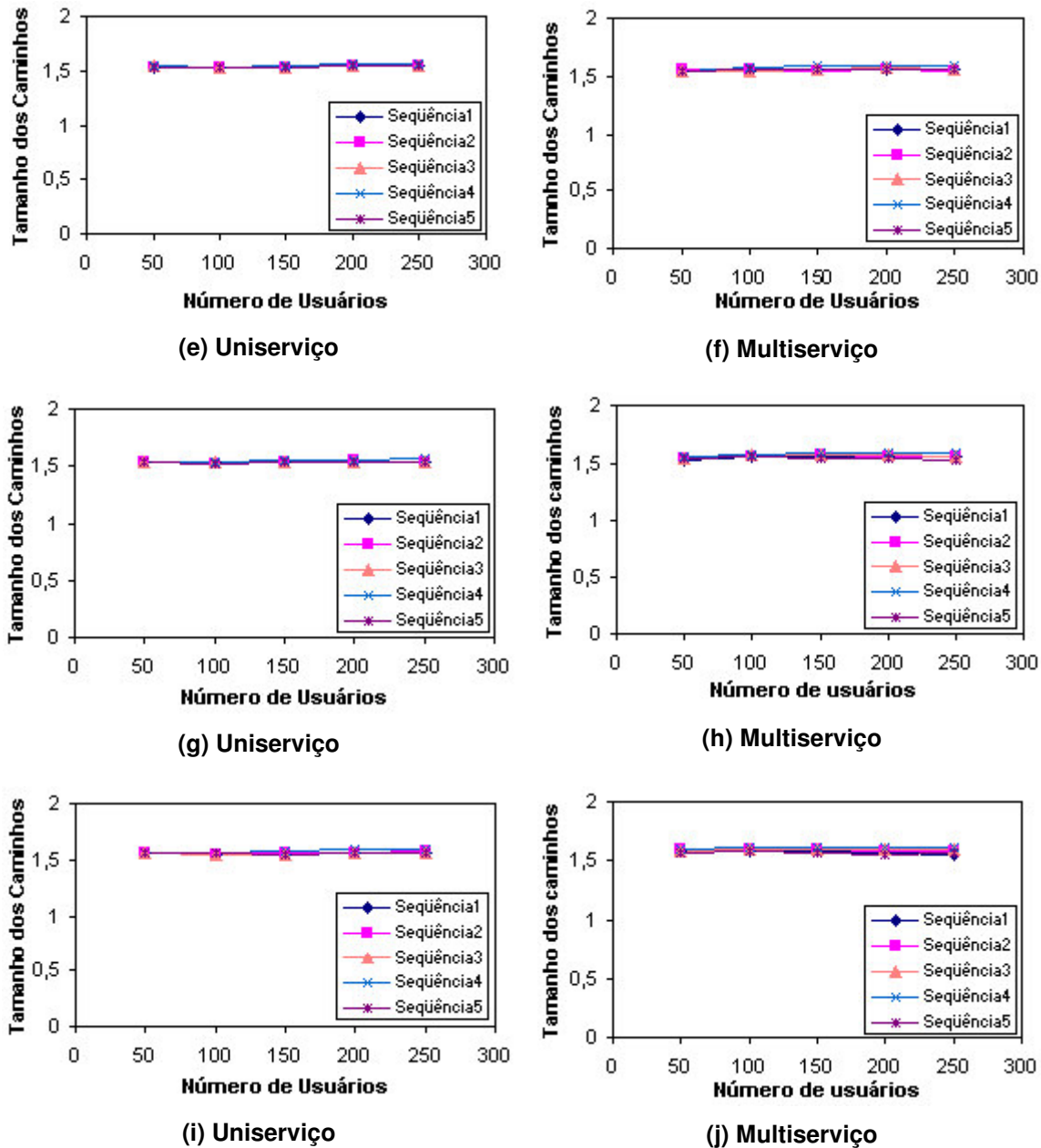


Figura 22. Tamanho dos Caminhos

Observando-se as figuras 22(a) a 22(j) vemos que não ocorre variação entre os tamanhos dos caminhos nos casos apresentados. Isto ocorre porque o tamanho dos caminhos é influenciado diretamente pelo peso dos serviços na rede (explicado na seção 5.1) e como o peso nas simulações apresentadas se mantém fixo esta métrica não sofre alterações. O tamanho dos caminhos fica em 1,5 por conta da própria topologia de rede escolhida para o estudo de caso que possui poucas redes e estas são bem interligadas.

O gerenciamento de redes deve levar em consideração o tamanho dos caminhos para que quando a composição for requerida as redes escolhidas sejam mais próximas umas das outras para evitar composições desnecessárias (uma outra abordagem).

5.3.4 Alterações no Acordo de Composição

A taxa de alterações no acordo de composição representa a porcentagem do número de redes que não precisaram se compor e sim apenas mudar o acordo de composição para compartilhar o serviço. As mudanças irão ocorrer quando algum serviço se tornar compartilhado ou quando algum serviço for retirado da composição.

Nesta seção, os gráficos mostram as taxas de alterações no acordo de composição em relação ao número de tentativas de composição. O eixo das abcissas representa o número total de usuários que compõem cada rede da topologia e o eixo das ordenadas representa a taxa de alterações no acordo de composição.

A Figura 23(a) e a Figura 23(b) mostram os valores obtidos para a taxa de alterações no acordo de composição em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis como mostrado na tabela 1 (seção 5.3.1). Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui apenas 1 serviço (serviço 1), ou seja, no máximo possuem 25 conexões disponíveis e no mínimo 16.

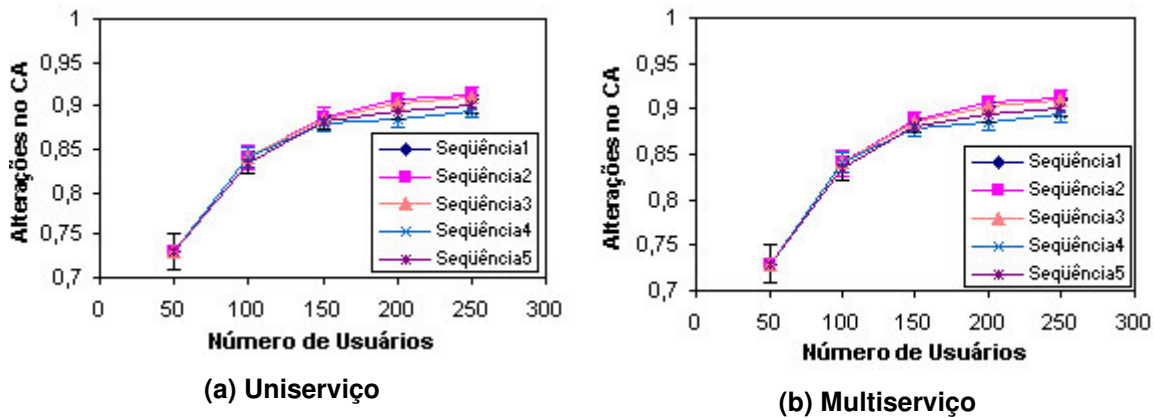


Figura 23. Alterações no Acordo de Composição para no máximo 1 serviço

As figuras 23(a) e 23(b) mostram que a taxa de alterações no CA no caso uniserviço é igual a taxa de alterações no CA para o caso multiserviço. Isto era esperado, pois o multiserviço possui apenas 1 serviço para fazer pedidos, se igualando então ao uniserviço.

Como podemos observar para ambos os casos, um aumento na quantidade de usuários da rede causa um aumento das alterações no CA. Isto acontece, pois ocorre mais pedidos por serviço. Daí a necessidade de se alterar o acordo de composição.

Como também podemos observar, a diminuição das conexões disponíveis não afeta o número de mudanças no acordo de composição. Considerando os intervalos de confiança mostrados no gráfico, as taxas obtidas para esta métrica são as mesmas independente do número de conexões disponíveis.

A Figura 24(a) e a Figura 24(b) mostram os valores obtidos para a taxa de alterações no acordo de composição em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui no máximo 2 serviços (serviço 1 e/ou serviço 2), ou seja, no máximo possuem 39 conexões disponíveis e no mínimo 24.

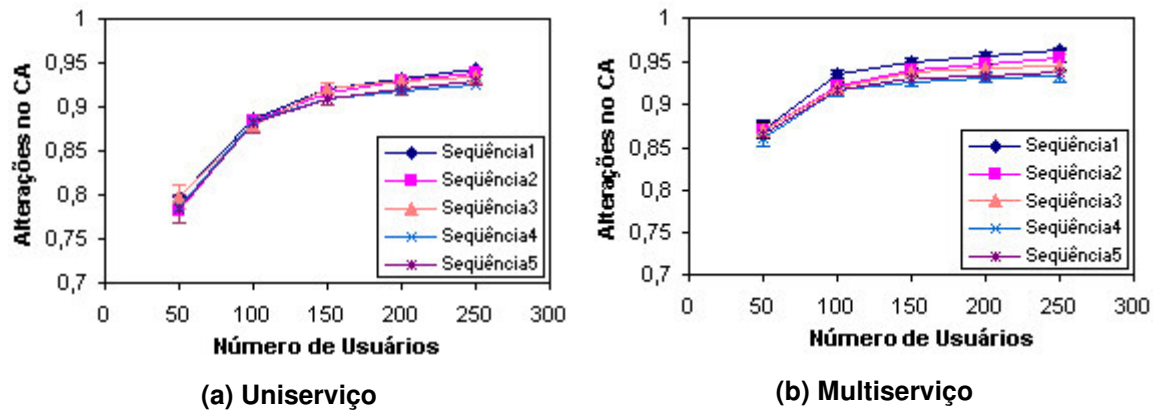


Figura 24. Alterações no Acordo de Composição para no máximo 2 serviços

A partir das figuras acima, podemos observar um leve aumento na taxa de alterações no CA para o caso multiserviço em relação ao caso uniserviço. Isso acontece porque o caso multiserviço negocia mais serviços a cada tentativa de composição e portanto pode ser necessário alterar mais vezes o acordo de composição.

Como esperado, as figuras também mostram que com o aumento do número de usuários na rede, há um aumento na taxa de alterações no CA. Podemos observar também que a diminuição no número de conexões disponíveis não influencia esta métrica (motivos explicados anteriormente).

A Figura 25(a) e a Figura 25(b) mostram os valores obtidos para a taxa de alterações no acordo de composição em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui no máximo 3 serviços (serviço 1, serviço 2 e/ou serviço 3), ou seja, no máximo possuem 103 conexões disponíveis e no mínimo 64.

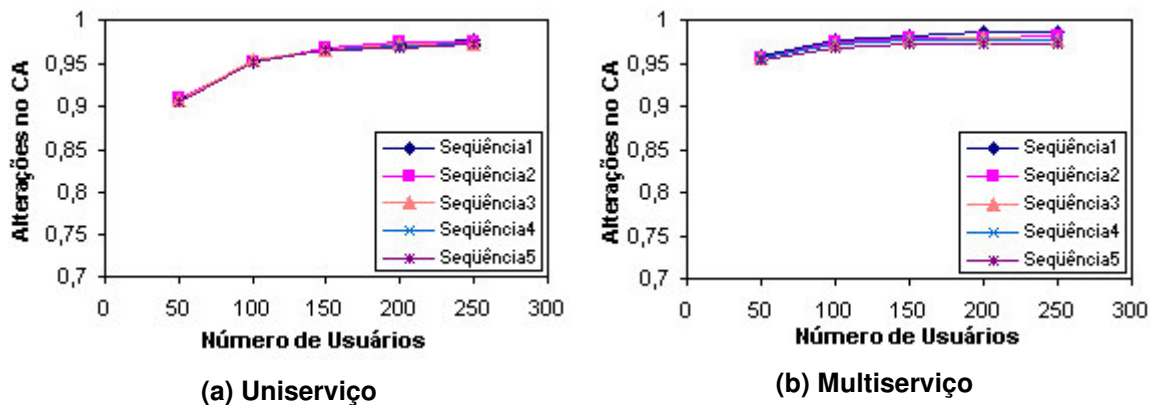


Figura 25. Alterações no Acordo de Composição para no máximo 3 serviços

Como podemos observar a partir das figuras acima, a taxa de alterações no CA varia de 90% a quase 100% para o caso uniserviço. Para o multiserviço ela varia de 95% a quase 100%. Isto mostra que quanto mais serviços a rede possuir, mais alterações no CA serão realizadas.

A Figura 26(a) e a Figura 26(b) mostram os valores obtidos para a taxa de alterações no acordo de composição em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui no máximo 4 serviços (serviço 1, serviço 2, serviço 3 e/ou serviço 4), ou seja, no máximo possuem 143 conexões disponíveis e no mínimo 89.

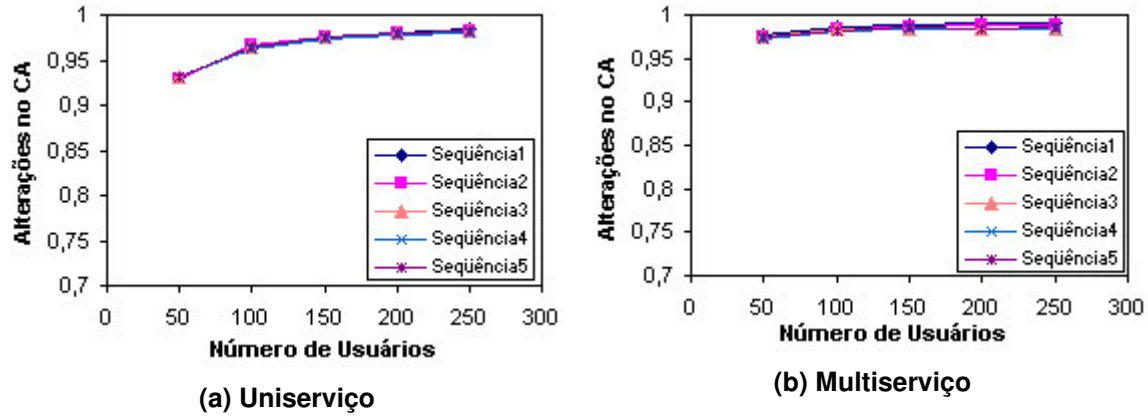


Figura 26. Alterações no Acordo de Composição para no máximo 4 serviços

Observamos que para 4 serviços também ocorre um aumento da taxa de alterações no acordo com o aumento do número de usuários. Isto corre tanto para uniserviço com para multiserviço.

A Figura 27(a) e a Figura 27(b) mostram os valores obtidos para a taxa de alterações no acordo de composição em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui no máximo 5 serviços (serviço 1, serviço 2, serviço 3, serviço 4 e/ou serviço 5), ou seja, no máximo possuem 221 conexões disponíveis e no mínimo 134.

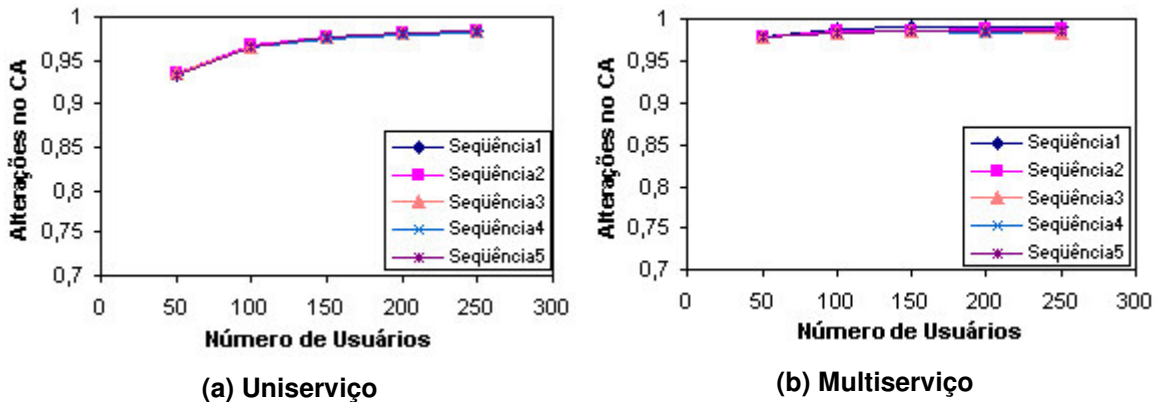


Figura 27. Alterações no Acordo de Composição para no máximo 5 serviços

Para 5 serviços também há um aumento na taxa de alterações no CA com o aumento no número de usuários como era esperado.

Comparando as figuras 23 a 27 podemos observar que a taxa de alterações no CA aumenta com o aumento do número de serviços na rede tanto para o caso uniserviço como para o caso multiserviço. Podemos observar a partir dos gráficos apresentados, que

ocorrem mais alterações no CA a novas composições, principalmente quando o número de serviços é aumentado. Isto ocorre porque depois de realizada a composição basta alterar o acordo de composição para incluir ou retirar novos serviços. Como há sempre algum serviço sendo compartilhado raramente ocorre decomposição, diminuindo a necessidade de realizar novas composições com tanta frequência. Em vez disso, as redes modificam o acordo para se adequar às suas necessidades no momento.

O gerenciamento deve ter um controle de todos os acordos de composição, para que as devidas modificações sejam possíveis quando houver necessidade. Além disso, ele deve ser capaz de permitir a criação de um novo acordo de composição quando uma nova composição for requisitada possibilitando assim a sua consulta quando novas modificações forem necessárias.

5.3.5 Bloqueio de Serviço

A taxa de bloqueio de serviço se refere a um percentual de solicitações que não foram realizadas por conta da quantidade máxima de usuários por serviço ter sido atingida.

Nesta seção, os gráficos mostram as taxas de bloqueio de serviço de acordo com os tipos de pedidos de serviço, uniserviço e multiserviço. O eixo das abcissas representa o número total de usuários que compõem cada rede da topologia descrita na seção anterior e o eixo das ordenadas representa a taxa de bloqueio de serviço.

A Figura 28(a) e a Figura 28(b) mostram os valores obtidos para a taxa de bloqueio de serviço em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis como mostrado na tabela 1. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui apenas 1 serviço (serviço 1), ou seja, no máximo possuem 25 conexões disponíveis e no mínimo 16.

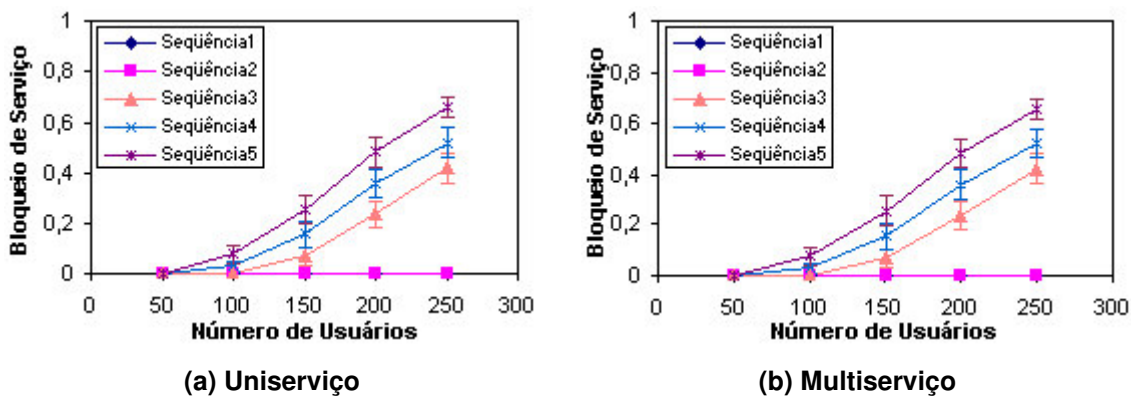


Figura 28. Bloqueio de Serviço para no máximo 1 serviço

As figuras acima mostram que tanto para o caso uniserviço quanto para o multiserviço as taxas de bloqueio de serviço são as mesmas como esperado. Isto ocorre porque o multiserviço pode pedir mais de um serviço, porém como a rede só possui um serviço no total ele passa a se igualar ao uniserviço.

Também podemos observar que com o aumento do número de usuários na rede aumenta-se a taxa de bloqueio de serviço. Isto acontece porque o número de usuários

influencia a taxa de pedido de serviço e quanto maior a taxa de pedido maior a probabilidade de o pedido falhar por conta de todas as conexões estarem sendo utilizadas.

Os gráficos ainda mostram que com a diminuição das conexões disponíveis há um aumento da taxa de bloqueio de serviço. Isto ocorre porque as conexões disponíveis serão ocupadas mais rapidamente. Por exemplo, quando a quantidade de conexões disponíveis são 25 (no máximo 25, pois há apenas 1 serviço na rede) quase não ocorre bloqueio de serviço. Já quando trata-se de 16 conexões a taxa chega a mais de 60%.

A Figura 29(a) e a Figura 29(b) mostram os valores obtidos para a taxa de bloqueio de serviço em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui no máximo 2 serviços (serviço 1 e/ou serviço 2), ou seja, no máximo possuem 39 conexões disponíveis e no mínimo 24.

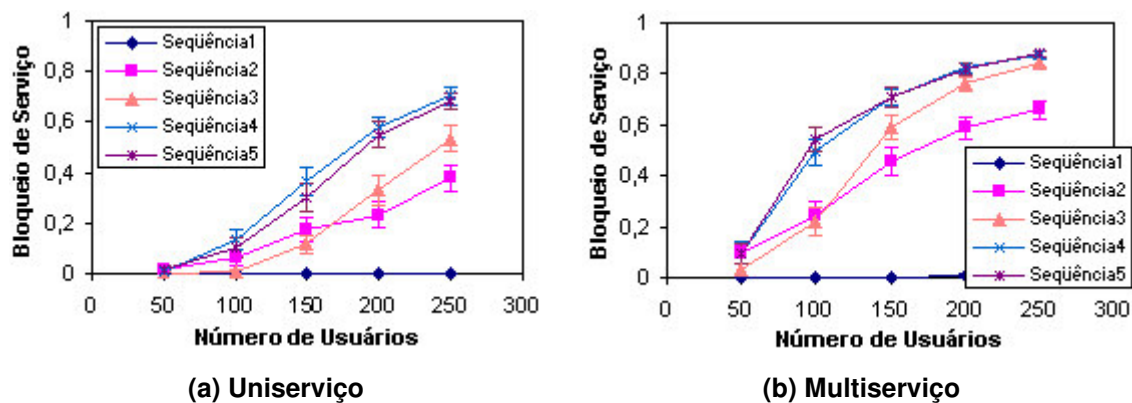


Figura 29. Bloqueio de Serviço para no máximo 2 serviços

As figuras acima mostram há um aumento da taxa de bloqueio no caso multiserviço em comparação com o caso uniserviço. No caso uniserviço a taxa de bloqueio de serviço chega a alcançar mais de 60%, enquanto no caso multiserviço ela alcança mais de 80%.

Além disso, as figuras mostram que um aumento no número de usuários na rede causa um aumento no bloqueio de serviços, pois como mais usuários estão utilizando o serviço as conexões se tornam indisponíveis mais rapidamente.

Podemos observar também que a diminuição no número de conexões possíveis causa um aumento na taxa de bloqueio de serviço. Por exemplo, quando a quantidade de conexões disponíveis são 25 (no máximo 25, pois há apenas 1 serviço na rede) quase não ocorre bloqueio de serviço. Já quando trata-se de 16 conexões a taxa chega a quase 80% para o uniserviço e ultrapassa este percentual chegando a 90% para o caso multiserviço.

A Figura 30(a) e a Figura 30(b) mostram os valores obtidos para a taxa de bloqueio de serviço em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui no máximo 3 serviços (serviço 1, serviço 2 e/ou serviço 3), ou seja, no máximo possuem 103 conexões disponíveis e no mínimo 64.

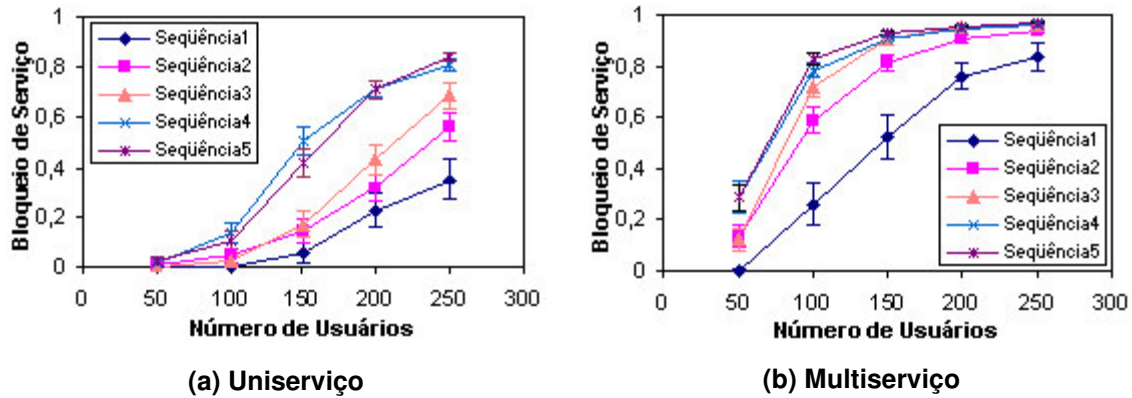


Figura 30. Bloqueio de Serviço para no máximo 3 serviços

As figuras acima mostram que a taxa de bloqueio de serviço para o caso uniserviço é inferior a taxa atingida pelo caso multiserviço. Mostram também que com o aumento do número de usuários na rede, a taxa de bloqueio de serviço também cresce. Além disso, quando há a diminuição do número de conexões possíveis há um aumento na mesma taxa.

A Figura 31(a) e a Figura 31(b) mostram os valores obtidos para a taxa de bloqueio de serviço em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui no máximo 4 serviços (serviço 1, serviço 2, serviço 3 e/ou serviço 4), ou seja, no máximo possuem 143 conexões disponíveis e no mínimo 89.

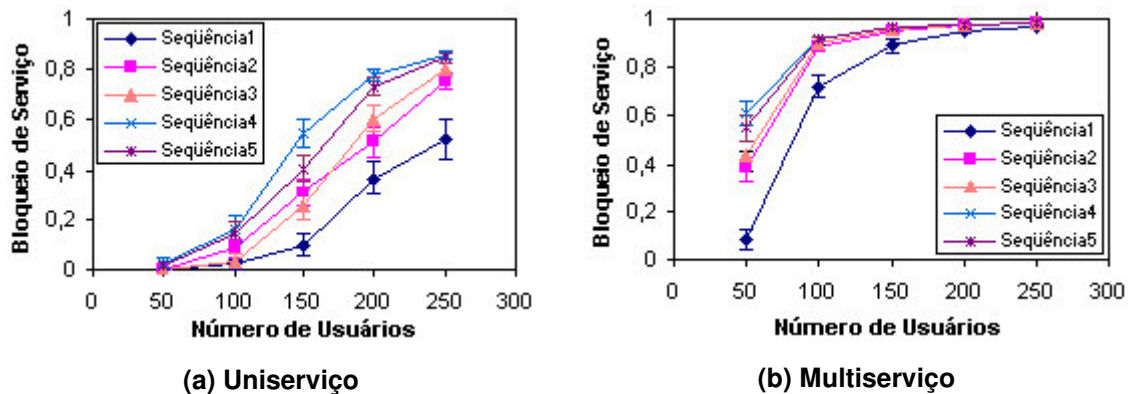


Figura 31. Bloqueio de Serviço para no máximo 4 serviços

As figuras acima mostram que a taxa de bloqueio de serviço para o caso multiserviço é superior a essa mesma taxa no caso uniserviço. No caso uniserviço a taxa chega a ultrapassar os 80%, enquanto que no caso multiserviço ela chega perto dos 100%.

Como esperado, com o aumento do número de usuários na rede ocorre um aumento na taxa de bloqueio de serviço chegando aos percentuais citados anteriormente. Além disso, com a diminuição do número de conexões disponíveis ocorre um aumento na taxa de bloqueio considerando os intervalos de confiança mostrados nas figuras acima.

A Figura 32(a) e a Figura 32(b) mostram os valores obtidos para a taxa de bloqueio de serviço em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui no máximo 5 serviços (serviço 1, serviço 2, serviço 3, serviço 4 e/ou serviço 5), ou seja, no máximo possuem 221 conexões disponíveis e no mínimo 134.

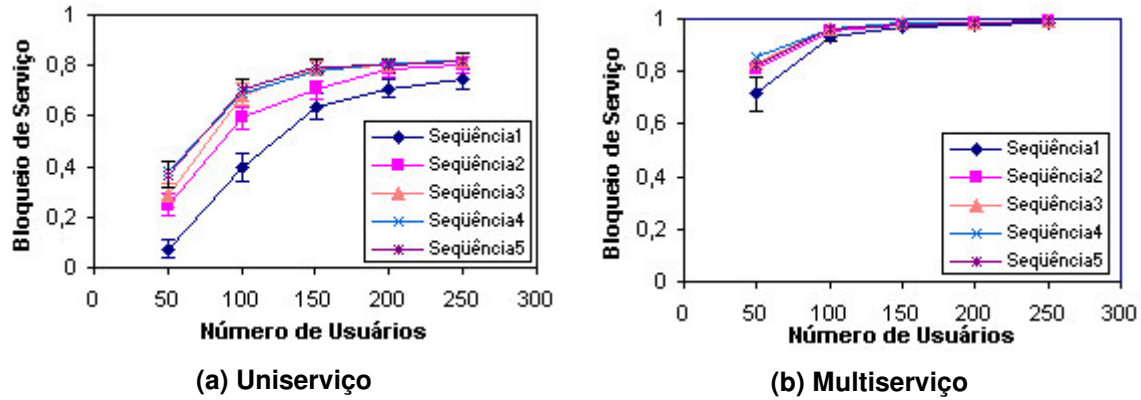


Figura 32. Bloqueio de Serviço para no máximo 5 serviços

Como pode ser observado através das figuras acima, a taxa de bloqueio é maior no caso multiserviço do que no caso uniserviço. No caso multiserviço ela chega a quase 100%. Elas também mostram que, como esperado, com o aumento da quantidade de usuários, aumento do número de serviços na rede e a diminuição de conexões disponíveis há um aumento na taxa de bloqueio.

Comparando-se as figuras 28 a 32 podemos verificar um aumento na taxa de bloqueio de composição com o aumento na quantidade de serviços da rede. Como há mais serviços na rede, há também mais pedidos por serviços diferentes, consumindo as conexões disponíveis mais rapidamente. Quando há apenas 1 serviço na rede, por exemplo, a taxa de bloqueio de serviço não passa de 80%. Já quando há 5 serviços, a taxa passa de 80% para o caso uniserviço e chega a quase 100% no caso multiserviço.

O gerenciamento precisa se preocupar em controlar a quantidade de conexões possíveis, sempre atualizando esta quando uma conexão for utilizada ou deixar de ser. Isto é importante, pois se não forem corretamente atualizadas os serviços estarão rejeitando usuários mesmo ainda tendo recursos.

5.3.6 Pedidos de Serviço X Pedidos de Composição

Corresponde em saber qual a relação entre os pedidos de serviço e os pedidos de composição, ou seja, quantos pedidos de serviço vão gerar pedidos de composição.

Nesta seção, os gráficos mostram as taxas de pedidos de composição de acordo com os tipos de pedidos de serviço, uniserviço e multiserviço. O eixo das abcissas representa o número total de usuários que compõem cada rede da topologia descrita na seção anterior. Este número de usuários influencia diretamente a quantidade de pedidos de serviço de uma rede, ou seja, quanto mais usuários uma rede possuir maior será o pedido por serviços por parte desta rede. O eixo das ordenadas representa a taxa de

pedidos de composição. A taxa de composição é dada por: quantidade de pedidos de serviço sobre quantidade de pedidos de composição.

A Figura 33(a) e a Figura 33(b) mostram os valores obtidos para a taxa de composição em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis como mostrado na tabela 1. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui apenas 1 serviço (serviço 1), ou seja, no máximo possuem 25 conexões disponíveis e no mínimo 16.

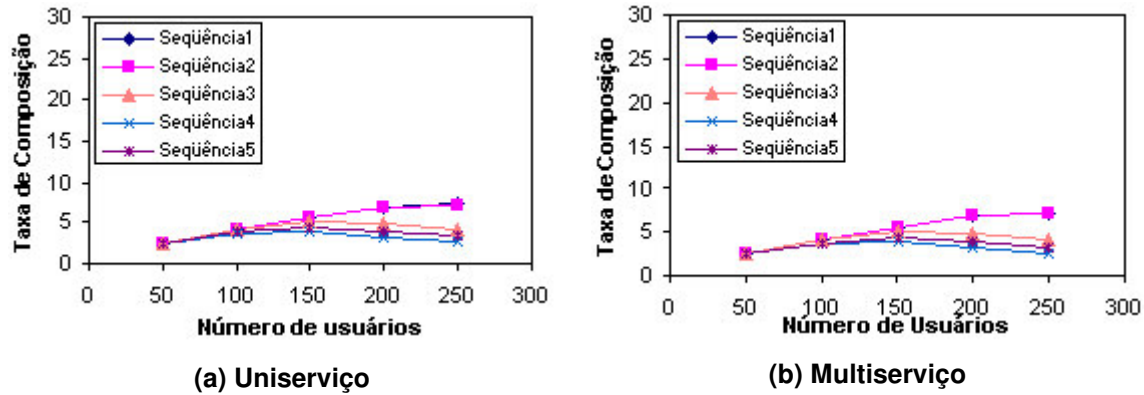


Figura 33. Relação PedidoXComposição para no máximo 1 serviço

Podemos observar a partir das figuras acima que os valores obtidos para o caso uniserviço e para o caso multiserviço são iguais. Além disso podemos ver que quando se aumenta o número de usuários, há um aumento na taxa de composição em relação ao pedido de serviço. Porém, depois de um determinado número, esta taxa passa a diminuir. Isto ocorre porque haverá proporcionalmente mais composição com o aumento de usuários na rede, pois eles pedirão mais serviços.

A Figura 34(a) e a Figura 34(b) mostram os valores obtidos para a taxa de composição em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui no máximo 2 serviços (serviço 1 e/ou serviço 2), ou seja, no máximo possuem 39 conexões disponíveis e no mínimo 24.

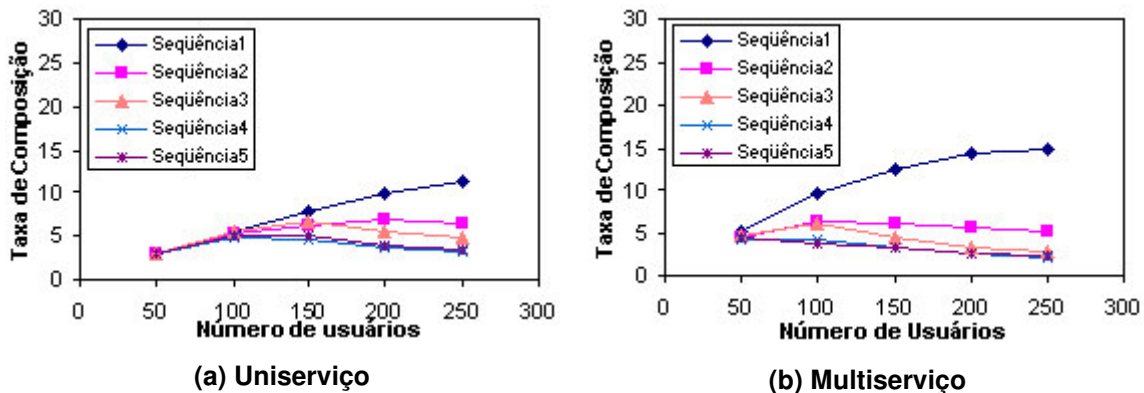


Figura 34. Relação PedidoXComposição para no máximo 2 serviços

As figuras acima mostram que com o aumento no número de usuários da rede e o aumento no número de serviços há proporcionalmente mais composições em relação ao número de pedidos de serviço. Isto corre pelo mesmo motivo explicado anteriormente.

Podemos ver também que há um aumento na relação entre pedido e composição do caso uniserviço para o multiserviço. Isto ocorre porque há mais pedidos para composição no caso multiserviço. Porém, ele negocia mais serviços simultaneamente causando assim menos composições e deixando a rede mais estável.

Podemos observar que quando há menos conexões disponíveis a relação aumenta quando comparada com o caso de se ter mais conexões. Isto ocorre porque quando há menos conexões disponíveis ocorrem menos composição, pois a maioria das conexões estarão ocupadas.

A Figura 35(a) e a Figura 35(b) mostram os valores obtidos para a taxa de composição em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui no máximo 3 serviços (serviço 1, serviço 2 e/ou serviço 3), ou seja, no máximo possuem 103 conexões disponíveis e no mínimo 64.

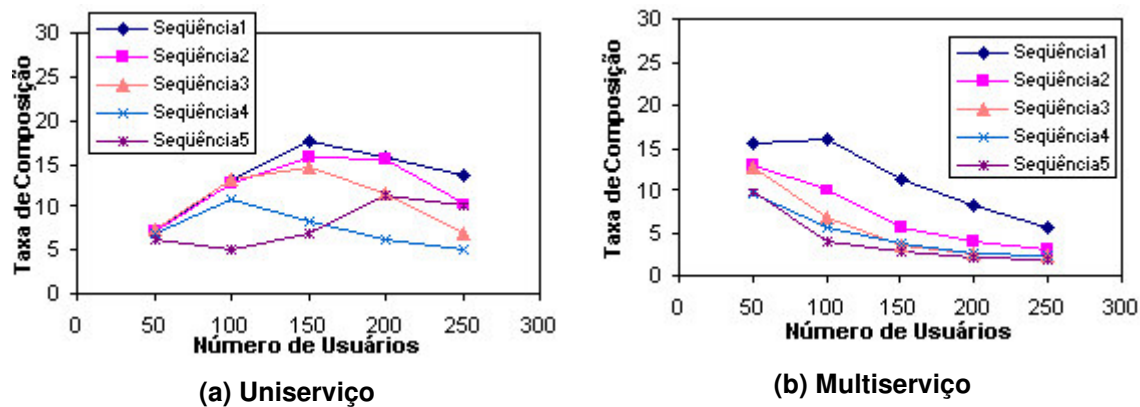


Figura 35. Relação PedidoXComposição para no máximo 3 serviços

A partir das figuras acima podemos perceber que no caso multiserviço, a relação maior entre pedido e composição é atingida mais rapidamente. Isto ocorre porque com o aumento do número de usuários ocorre mais pedido de serviços e assim mais pedidos de composição. Já no caso uniserviço, esta relação demora mais a diminuir, como era esperado.

Podemos verificar também que a taxa para mais conexões possíveis é menor que a conseguida para menos conexões. Isto ocorre pelos motivos explicados anteriormente.

A Figura 36(a) e a Figura 36(b) mostram os valores obtidos para a taxa de composição em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui no máximo 4 serviços (serviço 1, serviço 2, serviço 3 e/ou serviço 4), ou seja, no máximo possuem 143 conexões disponíveis e no mínimo 89.

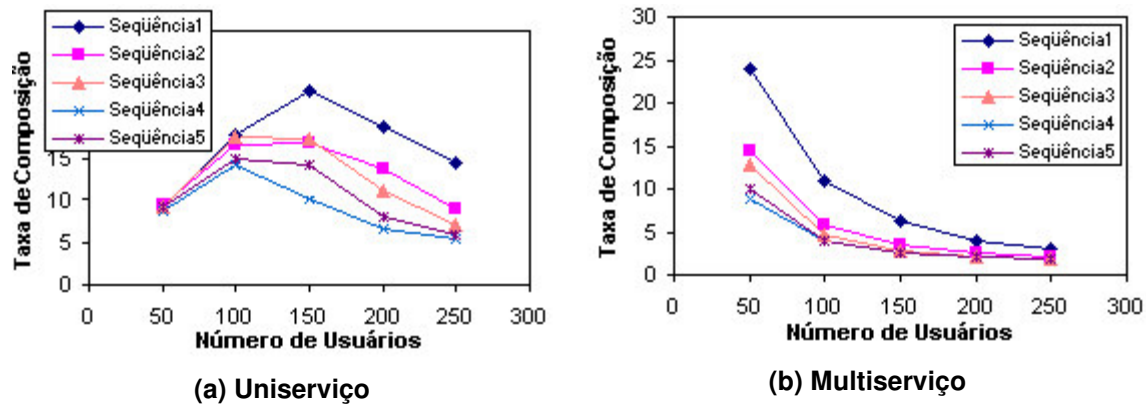


Figura 36. Relação PedidoXComposição para no máximo 4 serviços

Podemos verificar a partir das figuras acima que com o aumento no número de serviços, a princípio, ocorre um aumento nas taxas e depois há uma diminuição, como explicado anteriormente.

A Figura 37(a) e a Figura 37(b) mostram os valores obtidos para a taxa de composição em função do número de usuários da rede, para cada quantidade máxima de conexões possíveis. Estas figuras consideram que cada rede da topologia possui no máximo 5 serviços (serviço 1, serviço 2, serviço 3, serviço 4 e/ou serviço 5), ou seja, no máximo possuem 221 conexões disponíveis e no mínimo 134.

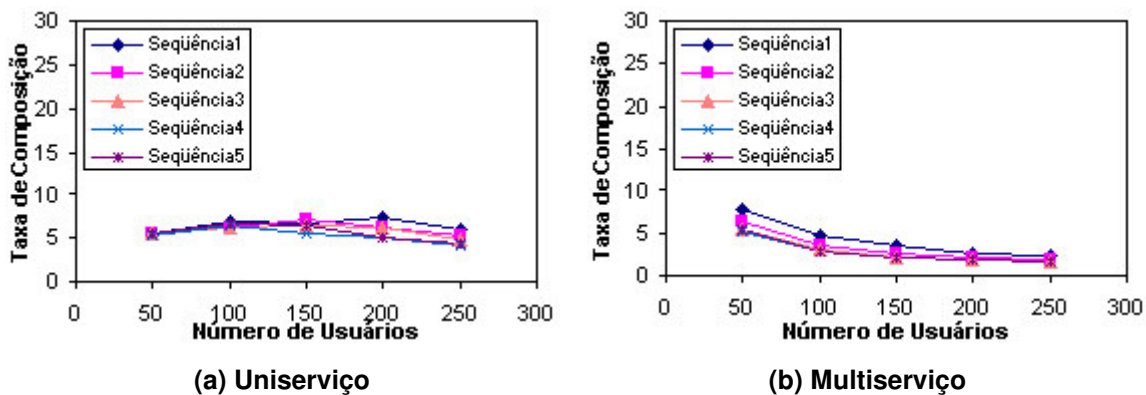


Figura 37. Relação PedidoXComposição para no máximo 5 serviços

Como podemos observar pelas figuras acima, houve uma queda para a taxa de composição, pois como há mais serviços e mais usuários na rede, há também mais composições.

O gerenciamento deve se preocupar em controlar tudo que estiver relacionado com a composição, ou seja, ele deve saber se as redes estão compostas e com quem, para evitar que novas composições sejam realizadas sem necessidade.

6 Conclusões

Foi apresentada nesse trabalho de graduação uma nova visão na área de redes chamada Redes de Ambiente. O conceito mais importante das Redes de Ambiente é a Composição, que permite a cooperação, disponibilização de serviços e o compartilhamento de recursos entre redes de diferentes domínios administrativos e tecnológicos. Este novo conceito surge para lidar com o ambiente de computação ubíqua no qual as empresas de TI estão trabalhando atualmente.

Além disso, foram apresentados os conceitos de gerenciamento que estão sendo estudados para tratar dos problemas das Redes de Ambiente incluindo P2P, gerenciamento baseado em políticas e autogerenciamento.

Devido à natureza recente das pesquisas e propostas na área de Redes de Ambiente, fica difícil apresentar estudos sobre comportamentos reais especialmente para a Composição de Redes. Dessa forma, o presente trabalho apresentou o AN Composition Simulator, um simulador de propósito específico implementado para validar aspectos da Composição de Redes de Ambiente. Através dos resultados obtidos foram observadas as relações entre os casos uniserviço e multiserviço de acordo com métricas propostas neste trabalho.

A implementação deste simulador tem como principal objetivo respaldar as decisões de projeto do sistema de gerenciamento.

6.1 *Contribuições do Trabalho*

Este trabalho de graduação teve como objetivo principal estudar aspectos relacionados a Redes de Ambiente e propor um novo modelo de gerenciamento baseado em políticas utilizando tecnologia P2P a partir de simulações de composições em Redes de Ambiente.

Para que este modelo de gerenciamento possa ser utilizado precisamos estudar em detalhes a composição de redes, pois uma solução de gerenciamento para Redes de Ambiente envolve necessariamente tratar de composições que é algo que muda o tempo todo. Para estudar detalhes da composição/decomposição de redes foi implementado um simulador que é a principal contribuição deste trabalho.

Além do simulador, uma pesquisa foi realizada sobre as Redes de Ambiente levando em consideração as principais características das mesmas e a apresentação do projeto na qual ela está inserida. Uma pesquisa sobre o conceito de composição/decomposição também foi realizada mostrando os seus principais aspectos bem como um estudo sobre o estado-da-arte do gerenciamento para Redes de Ambiente apresentando as técnicas que serão futuramente utilizadas.

Outra contribuição deste trabalho é o conjunto de métricas utilizadas na simulação. Estas métricas foram extraídas da pesquisa descrita acima.

6.2 *Trabalhos Futuros*

Como podemos perceber a área de pesquisa deste trabalho é nova e existe uma variedade de trabalhos futuros que podem ser realizados. Alguns potenciais trabalhos para estudo e pesquisa identificados na área são os seguintes:

1. Criação de novas métricas para o simulador visando o entendimento completo da composição e decomposição;
2. Aplicação do simulador a uma topologia que retrate a realidade para que os resultados da simulação possam ser comparados a resultados reais;
3. Variar o peso dos serviços na rede para modificar a métrica Tamanho dos Caminhos;
4. Proposta de um arcabouço de gerenciamento levando em consideração as técnicas de gerenciamento apresentadas ao longo deste trabalho de graduação levando em consideração os resultados obtidos nas simulações.

Referências

- [1] Ambient Networks Project, <http://www.ambient-networks.org>.
- [2] Niebert N. et al., “Ambient Networks: An Architecture for Communication Networks Beyond 3G”, IEEE Wireless Communications, April 2004.
- [3] Wireless World Initiative – WWI, <http://www.wireless-world-initiative.org>
- [4] Abramowicz H. et al., “The Wireless World Initiative: A Framework for Research on Systems Beyond 3G”, IST Mobile and Wireless Summit 2004, June 2004.
- [5] Campos R. et al., “Scenarios for Network Composition in Ambient Networks: a new paradigm for Internetworking”, 11th WWRF Meeting, Oslo, June 04.
- [6] Niebert N. et al., “Ambient Networks Project Overview and Dissemination Plan”, Deliverable D1.1, WWI Ambient Network Project, June 2004.
- [7] Akhtar, N. et al., “Connecting Ambient Networks - Requirements and Concepts” Deliverable D3.1, WWI Ambient Network Project, June 2004.
- [8] Karlich, Sascha. Et al., “A self-adaptive service provisioning framework for 3G+/4G mobile applications”, IEEE Wireless Communications, October 2004.
- [9] Gozdecki, J.; Jajszczyk, A.; Stankiewicz, R.; “Quality of service terminology in IP networks”. Communications Magazine, IEEE ,Volume: 41, Issue: 3 ,March 2003, Pages:153 – 159.
- [10] Information Society Technologies, <http://www.cordis.lu/ist>.
- [11] Stevens, M. Et al., Policy Framework, Internet draft, draft-ietf-policy-framework-00.txt, IETF, Setembro 1999.
- [12] Survey on Policy-Based Networking – Addressing Issues, Technological Trends, Future Prospects of Policy Exchange Methods in Multi-Domain Scenarios, INTAP, 2001.
- [13] Damianou, Nicodemus., “Policy Specification and Implementation for Distributed Systems Management”, Imperial College of Science, Technology and Medicine, Janeiro 2000.
- [14] Kephart, Jeffrey and Chess, David M., “The Vision of Autonomic Computing”, IEEE Computer Magazine, January, 2003.
- [15] Gummadi, K. et al., “The Impact of DHT Routing Geometry on Resilience and Proximity”, ACM SIGCOMM 2003, August/September 2003.
- [16] Brookshier, D., Govoni, D., Krishnan, N., “JXTA: Java P2P Programming”, Sams, Março de 2002.

- [17] M. Nossik, F. Welfeld and M. Richardson, "PAX PDL - a non-procedural packet description language". <http://www.solidum.com/body/tecnology/pax-pdl/pax-pdl-00.html>
- [18] Gary N. Stone, Bert Lundy and Geoffrey G. Xie, "Network Policy Languages: A Survey and a New Approach". Article published in the January 2001 issue of IEEE Network.
- [19] Ion Stoica, Robert Morris, David R. Karger, M. Frans Kaashock, and Hari Balakrishnan. "Chord: A scalable peer-to-peer lookup protocol for internet applications". Proceedings of the ACM SIGCOMM, pages 149--160, San Diego, California, 2001.
- [20] A. Rowstron and P. Druschel, "Pastry: Scalable, distributed object location and routing for large-scale peer-to-peer systems". IFIP/ACM International Conference on Distributed Systems Platforms (Middleware), Heidelberg, Germany, pages 329-350, 2001.
- [21] B. Y. Zhao, J. D. Kubiatowicz, and A. D. Joseph. "Tapestry: An infrastructure for fault-tolerant wide-area location and routing". Technical Report UCB/CSD-01-1141, UC Berkeley, 2001.
- [22] Konstantinou, Alexander. "Towards self-configuring networks" in DARPA Active Networks Conference and Exposition (DANCE), 2002.
- [23] D. Barkay. "Peer-to-Peer Computing: Technologies for Sharing and Collaborating on the Net". Intel Press, 2001.
- [24] Poisson Distribution, <http://mathworld.wolfram.com/PoissonDistribution.html>

Apêndice A – Glossário

ACS – Ambient Control Space
AN – Ambient Network
ANI – Ambient Network Interface
ASI – Ambient Service Interface
CA – Composition Agreement
C-FA – Composition Functional Area
COPS – Common Open Policy Service
COPS-PR – COPS for Policy Provisioning
DHT – Distributed Hash Table
FA – Functional Area
GANS – Generic Ambient Network Signalling
IETF – Internet Engineering Task Force
LDAP – Lightweight Directory Access Protocol
MIB – Management Information Base
NAT - Network Address Translation
P2P – Peer to Peer
PAX PDL – Pattern Description Language
PBM – Policy Based Management
PCIM – Policy Common Information Model
PDP – Policy Decision Point
PEP – Policy Enforcement Point
PIB – Policy Information Base
SLA – Service Level Agreements
SRL – Simple Ruleset Language
SLS – Service Level Specification
SQL – Structured Query Language