Proposta de Serviço Piloto

Grupo de Trabalho – Segunda Fase

GT-DigitalPreservation

Preservação Digital baseada em Arquivamento Distribuído

Luis Carlos Erpen de Bona

22 de Agosto de 2011

1. Concepção do serviço

1.1. Resumo

O objetivo do GT-DigitalPreservation é possibilitar a preservação de conteúdo digital a longo prazo por meio de um sistema de armazenamento distribuído de baixo custo e altamente confiável. A rede de preservação digital é formada por organizações dispostas a compartilhar recursos com a finalidade de preservar dados considerados importantes. Na primeira fase do projeto, um protótipo implementando as principais funcionalidades do sistema foi testado e avaliados em ambientes como o PlanetLab, o que permitiu realizar uma prova de conceito e a melhoria da implementação realizada. O objetivo da segunda fase do projeto é disponibilizar um projeto piloto do serviço utilizando máquinas abrigadas nos parceiros do GT e nos pontos de presença da RNP. O protótipo desenvolvido deve ser melhorado em aspectos como: descentralização do sistemas de informação; aumento da segurança do sistema; cálculo da confiabilidade associada a cada repositório; e sistema para monitoração do controle do consumo de recursos na rede. Um portal acessível para os clientes e operadores desta rede também deve ser oferecido. Neste portal os clientes podem realizar sua adesão a rede de preservação, bem como administrar seus repositórios, o operador pode monitorar e gerenciar a rede como um todo obtendo informação de repositórios e de clientes. Acreditamos que com esta proposta é viável prover um sistema de preservação digital robusto, confiável e de fácil manutenção compartilhado entre a RNP e seus usuários.

1.2. Abstract

The aim of the GT-DigitalPreservation is to enable the preservation of digital content over a long term through a distributed storage system with low cost and highly reliable. The digital preservation network is composed of organizations willing to share resources in order to preserve data considered important. In the first phase of the project, a prototype that implements the main functionality of the system was tested and evaluated in environments such as PlanetLab, which allowed to show a proof of concept and improving the prototype's implementation. The goal of the second phase of the project is to provide a pilot service using machines housed in the GT's partners and RNP's points of presence (PoPs). The prototype should be improved in aspects such as: decentralization of information systems, system security increase; reliability calculation associated with each repository; and a control system for monitoring the consumption of the network resources. A portal accessible to clients and operators of this network should also be offered. On such website, clients can present their membership to the preservation network as well as manage their repositories, the operator can monitor and manage the network as a whole by getting information about the repositories and customers. We believe that this proposal is feasible to provide a robust and reliable digital preservation system and easy to maintain shared between the RNP and its users.

1.3. Descrição do serviço proposto

O objetivo do GT-DigitalPreservation é oferecer as ferramentas necessárias para implementar um serviço de preservação digital baseado em uma rede distribuída de repositórios, capaz de armazenar objetos digitais com garantias de integridade por longo prazo. A rede de preservação digital é formada por um conjunto de organizações dispostas a compartilhar recursos com a finalidade de preservar seus

dados. Os repositórios são computadores comuns que executam o sistema de preservação digital e armazenam réplicas de objetos digitais.

O sistema pode ser instalado por qualquer usuário em um sistema Unix, não existindo necessidade de ser super-usuário. O serviço proposto é projetado para não impor sobrecargas na rede e no sistema de armazenamento dos repositórios, não sendo necessário ter máquinas dedicadas para participar do sistema. Outra característica importante do serviço proposto é a não exigência de pessoal especializado em administração de sistemas em cada organização para manter os repositórios. Todas estas características são importantes para facilitar e impulsionar a participação no serviço.

O serviço proposto oferece uma interface simplificada e padronizada para aplicações e usuários através da qual são submetidos os dados que se deseja preservar. Essa interface é baseada em um Webservice que oferece operações para inserção, consulta e recuperação de objetos. Além do objeto propriamente dito a única informação a dicional necessária é uma medida de confiabilidade, que reflete a importância do objeto. Todo o processo de seleção de repositórios e cópia das réplicas é transparente para o usuário. Ainda, todo objeto digital preservado no serviço possui um identificador único que pode ser utilizado para recuperá-lo ou consultar os estados de suas réplicas.

1.3.1 Identificar cenários de uso

Uma rede de preservação de longa duração e grande confiabilidade é importante para muitas organizações, em particular instituições públicas e culturais. Portanto como exemplos de usuários podemos citar os órgãos governamentais, instituições de saúde, museus e bibliotecas.

A RNP pode oferecer uma quantidade inicial de armazenamento através de repositórios instalados em seus pontos de presença e/ou em seus centros de dados dedicados. As instituições participantes, ou clientes, podem também oferecer recurso para a rede instalados repositórios em máquinas dedicadas ou compartilhadas. Esta oferta de recurso além de aumentar a capacidade de armazenamento ainda aumenta a confiabilidade do sistema ao oferecer heterogeneidade, seja ela referente a localização dos equipamentos, das tecnologias empregadas ou das pessoas envolvidas.

1.4. Identificação do público-alvo

Os principais usuários deste serviço são as bibliotecas, os museus e demais entidades interessadas em garantir a integridade de objetos digitais por longo prazo. Uma das instituições que já mostrou interesse neste serviço foi o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, que é responsável por promover a competência, o desenvolvimento de recursos e a infra-estrutura de informação em ciência e tecnologia para a produção, socialização e integração do conhecimento científico-tecnológico. Outro cliente potencial são as bibliotecas digitais das IFES (Instituições Federais de Ensino) que arquivam conteúdo digital como teses e dissertações, obrar raras digitalizadas e vídeos das Tvs universitárias. Finalmente muitos órgãos ligados ao Ministério da Cultura tem produzido conteúdo digital ou digitalizado seus acervos e necessitam uma forma segura de preservá-los.

A possibilidade do uso de sistemas de armazenamento de baixo custo, por exemplo, PCs comuns com arrays de disco de tecnologia sata, deve atrair um grande número de entidades que não possuem recursos suficientes para preservar seus dados com a confiabilidade desejável. A dispensa de pessoal especializado na gerência de servidores de alta confiança também é outro fator que deve atrair interesse, já que em boa parte dos casos os produtores de conteúdo digital não possuem uma equipe de TI em número suficiente para atender essas demandas.

Considerando a recepção na apresentação deste grupo de trabalho em todas oportunidade, bem como a já conhecida dificuldade financeira e técnica das entidades produtoras de informação no meio digital, acreditamos que o potêncial do serviço proposto é bastante grade.

2. Definição do serviço piloto

2.1. Arquitetura do serviço piloto

A rede de preservação digital é formada por um conjunto de repositórios que garantem o acesso a longo prazo de objetos digitais. Um objeto digital é a unidade básica de armazenamento do sistema e é constituído por um arquivo e o valor da confiabilidade desejada. Os repositórios são computadores que executam o sistema de preservação digital e armazenam réplicas de objetos digitais. Cada repositório está associado a uma métrica que reflete a probabilidade de que os dados armazenados não sejam perdidos. Esta métrica é calculada usando parâmetros como a qualidade do hardware oferecido pela entidade e a qualidade das atividades de manutenção e instalação dos equipamentos.

A cada objeto digital também é associada uma métrica de confiabilidade que reflete a importância do objeto. Para garantir a confiabilidade desejada para estes objetos, é necessário decidir quantas réplicas são necessárias e quais repositórios armazenam as réplicas. Após a replicação do objeto nos repositórios escolhidos, é necessário verificar periodicamente a existência destas réplicas para garantir que a confiabilidade desejada é de fato atingida; este processo é chamado de auditoria.

O sistema oferece uma interface padrão que pode ser acessada por aplicações especificamente construídas para esse fim ou adaptando-se aplicações já existentes. Essa interface permite inserir, recuperar e consultar os objetos digitais preservados no sistema.

A arquitetura deste protótipo é divida em quatro camadas: **Armazenamento,** responsável pelo armazenamento das réplicas dos objetos digitais, implementando as operações de transferência de objetos digitais entre repositórios (replicação) e de verificação periódica da integridade do conteúdo das réplicas (auditoria); **Gerenciamento**, responsável por gerenciar os objetos do repositório para garantir os níveis de confiabilidade de cada objeto; **Interface,** que implementa um protocolo de interação entre as diferentes aplicações e o sistema de armazenamento; e **Aplicação,** representa as aplicações que realizam e interação entre os sistema de armazenamento e o usuário final.

2.1.1. Camada de Armazenamento

A camada de armazenamento define como os objetos são armazenados em cada repositório. É a camada de base do sistema, permitindo armazenar, recuperar e consultar réplicas de um objeto digital. Esta camada implementa uma interface padrão utilizada pelas camadas superiores. Um dos parâmetros principais nesta interface é o identificador do objeto, que é calculado baseado no conteúdo do mesmo.

A camada de armazenamento é implementada usando comandos do shell do sistema Unix. Os comandos são executados em sequência usando scripts shell. Sempre que possível optamos pelos comando e ferramentas mais populares das

distribuições Linux. Isto facilita a portabilidade do sistema para uma grande variedade de distribuições.

O armazenamento das réplicas utiliza a interface de sistemas de arquivos padrão, permitindo a utilização de diferentes sistemas de arquivo na rede de preservação, o que representa uma vantagem pois a possibilidade de implementar usando tecnologias diversas evita que todo o sistema seja afetado por uma vulnerabilidade de um determinado sistema de arquivos.

Os repositórios comunicam-se entre si para executar as operações de base (inserção, modificação, consulta, etc.) e para realizar a transferência das réplicas dos objetos. Optamos por utilizar o *Secure Shell* (SSH) como plataforma de comunicação entre os repositórios. Esta escolha considera que o SSH é a ferramenta padrão de administração remota de sistemas, sendo bastante testada e desenvolvida. Todas as operações e transferências são realizadas utilizando-se de um par de chaves (pública e privada).

As transferências de réplicas entre repositórios são implementadas utilizando o RSYNC, que é uma ferramenta consolidada de transferência e sincronização de arquivos entre servidores e/ou estações de trabalho, também largamente utilizada em espelhos de software livre. Uma das características fundamentais que motivou a escolha do RSYNC é que ele oferece garantia de integridade em suas transferências de dados. Para grandes volumes de dados a verificação de integridade feita pelo TCP/IP é insuficiente, o que inviabilizaria utilizar HTTP na prática.

2.1.2. Camada de Gerenciamento

A camada de gerenciamento de réplicas é responsável por selecionar os repositórios de forma a garantir a confiabilidade desejada para cada objeto digital e de utilizar de forma global os recursos do sistema de forma otimizada.

Uma vez selecionado um conjunto de repositórios, a camada de armazenamento é chamada para transferir o objeto e realizar sua replicação. É importante que a camada de gerenciamento seja independente das tecnologias de armazenamento utilizadas, bem como dos mecanismos utilizados para a cópia das réplicas entre os repositórios.

A camada de gerenciamento realiza o procedimento de auditoria que é a verificação periódica das réplicas existentes de um determinado objeto com objetivo de averiguar se a confiabilidade desejada do objeto está sendo atingida. Se a confiabilidade requerida não está garantida, novas réplicas podem ser criadas ou as réplicas existentes podem ser transferidas ou removidas. Esta tarefa é realizada periodicamente baseada no intervalo de auditoria.

Considerando o modelo de falha utilizado, o intervalo de auditoria afeta a confiabilidade resultante de um conjunto de repositórios. Assim uma estratégia de seleção pode também considerar como parâmetro o intervalo de auditoria de forma a fazer melhor uso dos recursos. Um intervalo de auditoria pequeno pode aumentar consideravelmente a confiabilidade das réplicas. Entretanto essa é uma má opção devido a sobrecarga causada no sistema e também ao requisito de que as modificações e alterações em um sistema de preservação digital sejam indulgentes. Consideramos que, para os serviços propostos, um intervalo de auditoria adequado

deve ser superior a 1 (uma) semana, ou seja, a existência de uma determinada répĺica não é verificada mais do que uma vez no período de uma semana.

A camada de gerênciamento de réplicas necessita informação sobre quais são os repositórios da rede, bem com o espaço disponível em cada um deles. A listagem dos repositórios existentes na rede é utilizanda tanto para determinar onde as réplicas podem ser alocadas. Na implementação atual este sistema é um centralizado, apesar deste fator não representar uma limitação de escalabilidade pois é um serviço que demanda poucos recursos computacionais uma implementação descentralizada oferece maior independência.

2.1.3. Camada de Interface

A Camada de Interface é feita através de um Webservice (WS) que implementa o protocolo SOAP permitindo a troca de informações transparente entre as camadas de gerenciamento e de aplicação. Ou seja, a camada de aplicação, independentemente de que programa executa e como foi implementada comunica-se diretamente com o WS enviando solicitações de inserção, consulta e recuperação de objetos.

O WS foi implementado na linguagem Java e utiliza o Servidor WEB Jetty \ref[http://jetty.codehaus.org/jetty] incorporado na própria aplicação, dispensando o uso de servidores web como Apache ou Tomcat. Essa abordagem foi adotada a fim de reduzir a sobrecarga na máquina que hospedará o WS, além de eliminar requisitos de instalação.

Na inserção, o cliente que está acessando a aplicação deve enviar um objeto que deseja preservar, a confiabilidade desejada para ele e um hash *MD5* do conteúdo do arquivo. A transferência do arquivo entre a aplicação e o WS utiliza como transporte o protocolo *TCP* que possui um mecanismo de verificação de erros de transferência insuficiente. Portanto é necessário calcular o *MD5* do arquivo recebido e comparar com o *MD5* enviado pela aplicação. Uma vez recebido corretamente a camada de gerenciamento de réplicas será chamada para determinar onde este objeto será replicado.

Na recuperação, a aplicação deve enviar como parâmetro a chave do objeto *(hash MD5 do conteúdo do objeto)* que se deseja recuperar. A camada de aplicação consulta a camada de gerenciamento que retorna o endereço IP de um repositório que possui uma réplica do objeto e um caminho (*path)* permitindo a recuperação do objeto via RSYNC. Terminada essa chamada, o objeto é retornado para a aplicação utilizando o WS. Opcionalmente no lugar de transferir diretamente o objeto para a camada de aplicação pode-se retornar o IP e caminho do objeto, e o cliente pode acessar diretamente a máquina que tem o objeto. A consulta recebe os mesmos parâmetros que a recuperação, entretanto o retorno é uma lista contendo o endereço IP e confiabilidade de cada repositório que armazena um réplica do objeto.

O WS da camada de gerenciamento pode ser executado em cada repositório ou em um conjunto independente de máquinas configuradas para esse propósito. Essa flexibilidade é importante pois nem todos os repositórios da rede podem executar esse serviço, seja por decisões administrativas ou restrições de segurança.

2.1.4. Camada de Aplicação

Um grande número de aplicações relacionadas ao arquivamento digital de informação pode fazer uso do sistema de preservação digital através do WS da camada de gerênciamento. Durante a fase 1 do GT foram desenvolvidas duas aplicações distintas. Em uma delas, foi uma interface web que permite a inserção e recuperação de objetos, esta interface foi projetada considerando um usuário humano. Este tipo de interface pode ser útil em serviço de auto-arquivamento, por exemplo, uma rede de pesquisadores querendo preservar sua produção científica. Outra interface desenvolvida foi para a aplicação DSpace, esta aplicação pode ter impactos práticos grandes já que boa parte das bibliotecas digitais são implementas utilizando este software.

2.2. Instituições participantes

Este grupo de trabalho será coordenador pelo Centro de Computação Científica e Software Livre (C3SL) da UFPR. O seu objetivo é criar e aperfeiçoar soluções para ambientes computacionais unindo qualidade, independência tecnológica e redução de custos. A partir de convênios e parcerias com instituições públicas e privadas, a equipe do C3SL desenvolve projetos com alta tecnologia. O C3SL também exerce, dentre suas atividades, a frequente incorporação de espelhos de grandes repositórios de software livre, tais como distribuições linux e sourceforge, tendo assim vasta experiência com armazenamento e representando uns dos maiores clientes da RNP. Mais recentemente o C3SL também se tornou responsável pelo projeto ProInfodata em parceria com MEC e RNP. Os pequisadores envolvidos do C3SL envolvidos neste projeto são: Prof. Luis C. E. De Bona, Prof. Marcos S. Sunye, Prof. Marcos Didonet, Prof. Eduardo Almeida, Prof. André Vignatti e Prof. Fabiano Silva. Ainda estarão envolvidos os alunos de mestrado e doutorado da UFPR, que já trabalham com este tema.

O Laboratório GREAT - Grupo de Redes de Computadores, Engenharia de Software e Sistemas na UFC (Universidade Federal do Ceará) desenvolve pesquisa em três áreas: Redes de Computadores, Engenharia de Software e Sistemas, bem como realiza projetos de pesquisa e desenvolvimento em parceria com outras instituições de ensino e empresas. O Prof. José Neuman de Souza também é participante deste grupo de trabalho.

O Laboratório ComCiDis (Computação Científica Distribuída**)** do LNCC (Laboratório Nacional de Computação Científica) tem como objetivo geral o desenvolvimento de ambiente de computação cientifica distribuida implantação, em nível nacional, integrado por uma infra-estrutura computacional escalável de nuvens, grids e clusters geograficamente distribuídos em diferentes centros do país, capaz de permitir o acesso às facilidades computacionais (hardware, software e serviços) de forma confiável, consistente, pervasiva e de custo acessível. O Prof. Bruno Schulze, líder do ComCiDis também é participantes deste grupo de trabalho.

Este projeto também conta com a participação do Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Paraná. O sistema de bibliotecas é parceiro do C3SL em várias iniciativas, em especial o sistema de bibliotecas digitais. Neste projeto além de apoiador o sistemas de bibliotecas entra como usuário em potencial dos serviços ofertados. A preservação do acervo dos *100 anos da Universidade Federal do Paraná* (os 100 anos serão comemorados em 2012) é um dos casos de usos que pode ser explorado nesta segunda fase do GT.

Na iniciativa privada, a Index Consultoria em Informação é serviços é outra parceira do projeto. A index é uma das empresas líderes em consultoras em ciência de informação, acessorando diversas empresas e entidades produtoras de conteúdo. A Index Consultoria tem interesse no desenvolimento do GT-DigitalPreservation com objetivo de formar redes de preservação entre seus clientes. O contato na Index Consultoria é a Senhora Célia Lacerda, diretora da empresa.

Também foram realizados contatos com outras universidades como a UFES (Universidade Federal do Espírito Santos) através do coordenador do técnico do seu PoP, Magnos Martinello, que também se mostraram interessados em abrigar repositórios de preservação digital. A inclusão de outros PoP no serviço piloto também é prevista.

2.3. Refinamento do protótipo

Durante a primeira fase do GT-DigitalPreservation foram implementadas as principais funcionalidades do sistema proposto. Na fase final o protótipo desenvolvido foi instalado e avaliado no PlanetLab o que permitiu refinar diversos pontos da implementação, especialmente em seu uso em um ambiente sujeito a instabilidade. Foram identificados várias melhorias para protótipo que são desejáveis ou necessárias para torná-lo um serviço piloto. Propomos então nesta fase:

Sistema para cálculo da confiabilidade associada a cada repositório. A confiabilidade associada a cada repositório é uma das métricas mais importantes para o bom funcionamento do sistema de preservação digital proposto, já que permite ajustar o nível de réplicas necessária para atingir a confiabilidade desejada considerando a probabilidade de perda de dados em cada repositório. Um valor inicial para essa confiabilidade pode ser dados considerando aspectos do repositório como existência de pessoal para manutenção e utilização de soluções como RAID. Neste projeto propomos que estas informações sejam dadas pelo cliente do serviço no momento de sua adesão através de um formulário eletrônico durante o processo de adesão ao serviço. Um sistema de monitoração complementar pode ser utilizado para verificar a perda de réplicas ao longo do tempo e ajustar a confiabilidade associada de cada repositório.

No política para o compartilhamento de chaves públicas. Na atual implementação toda a comunicação entre os repositório é feita através do SSH (*secure shell)* utiliza um par único de chaves que é compartilhado entre todos os repositórios da rede. Essa abordagem simplifica a implementação mas não permite o controlar o acesso individual de cada repositório ao sistema, além de diminuir a segurança já que uma mesma chave privada é utilizada e compartilhada por todos os repositórios. Para o piloto a proposta é que cada repositório utilize um par de chaves próprios, permitindo controlar o acesso à rede de cara repositório e evitando o compartilhamento de chaves privadas.

Controle do consumo de recursos. O controle dos recursos consumidos, tamanho de cada objeto e confiabilidade associada, por cada cliente da rede pode ser uma parâmetro importante para a implantação de um serviço de preservação digital. O

consumo de recursos pode ser utilizado para limitar a inserção de novos objetos na rede por um determinado cliente ou ainda indicar a necessidade que contribua com mais recursos na rede, seja oferecendo mais espaço em disco ou melhorando a confiabilidade do espaço já ofertado.

Mecanismos entre aplicação e o sistema. A interface do sistema de preservação com o cliente e suas aplicações é feita através de um Webservice. Ao inserir ou recuperar um arquivo, ou objeto digital, toda transmissão é encapsulada pelo protocolo SOAP encapsulado pelo protocolo HTTP. Esse método pode não ser adequado para a transferência massivas de dados, primeiro porque para transferir arquivos binários utilizando SOAP gera um aumento na quantidades de dados transferidos por conta da codificação, em segundo porque os mecanismos de verificação de integridade são fracos. A proposta desta fase é incluir novos métodos para essa transferência baseado em mecanismos como o RSYNC.

Descentralização do mecanismo de busca. Um dos objetivos do sistema é que este seja totalmente distribuído. O sistema de informação do sistema que oferece informações sobre quais repositórios fazem parte da rede e sobre a distribuição de espaço de chaves na implementação atual é centralizado. As Tabelas de Dispersão Distribuídas (DHT - *Distributed Hash Table*s) são redes Peer-to-Peer (P2P) apropriadas para esta tarefa. Durante a primeira fase do GT-DigitalPreservation uma dissertação de mestrado avaliou as implementações existentes de DHT. Mostramos que a maioria delas é inadequadas, entretamos identificamos uma DHT candidata a ser utilizada na prática. Nesta segunda fase a proposta é utilizar esse conhecimento e descentralizar o sistema de informação. Uma das alternativas é a utilização do OpenPastry, que na avaliação obteve o melhor desempenho; outra é utilizar uma DHT que está sendo desenvolvida em outro projeto de mestrado, que está sendo projetada com objetivo de ter bom desempenho em ambientes como o do GT-DigitalPreservation.

2.4. Ferramentas de suporte à operação

Uma das ferramentas de suporte à operação a ser desenvolvida é um portal onde os clientes possam se cadastrar e então administrar os seus repositórios na rede de preservação digital. Ao cadastrar um repositório um cliente deve informar as características de cada repositório disponibilizado para o sistema. Essas informações servirão de base para a estimativa inicial da probabilidade de falha do repositório. Neste portal também devem ser cadastradas as chave pública dos clientes. Também deve ser apresentadas para o cliente informações de monitoração de seu repositório.

No mesmo portal, o operador do serviço recebe as requisição de cadastro de clientes e seu repositórios, autorizando ou não sua entrada na rede. Após a autorização pelo operador as chaves cadastradas pelos clientes são propagadas e os repositórios passam a fazer parte da rede. O operador também deve ser capaz de remover ou incluir repositórios e cliente na rede. Para o operador, outra funcionalidade disponível é visualizar informações como disponibilidade, último contato e espaço em disco disponível e ocupado de todos os repositórios.

Pacotes e *scripts* para instalação do sistema de preservação nos clientes também devem ser ofertados. O objetivo é simplificar ao máximo a adesão ao serviço

por parte dos clientes. Para aqueles que desejam manter um equipamento dedicado para o sistema de preservação digital também deve ser oferecida uma mídia, que permite a instalação automática do sistema, sem a necessidade de intervenção.

Finalmente como apoio a operação se propõe a disponibilização de especificação de repositórios de baixo custo e grande capacidade de armazenamento que possam ser utilizados pelos clientes que desejam comprar equipamentos para entrar na rede.

3. Cronograma

Atividade 1: Refinamento do sistema a partir do protótipo, desenvolvimento de ferramentas de suporte à operação (de novembro até junho de 2012)

Atividade 2: Planejamento e estudo de opções para implantação da primeira versão piloto do serviço, incluíndo a instalação dos equipamentos nos primeiros parceiros

Atividade 3: Implantação da primeira versão do serviço piloto

Atividade 4: Documentação técnica (até agosto de 2012)

Atividade 5: Implantação e avaliação do segundo serviço piloto 2, esta fase inclui a busca de novos parceiros e a instalação dos equipamentos

Atividade 6: Desenvolvimento, implantação e testes das Ferramentas de suporte a implantação (procedimentos de instalação do clientes e portal para clientes e operadores)

Atividade 7: Desenvolvimento do material para disseminação

Atividade 8: Suporte, dar suportes ao serviço piloto realizando testes, identificado e corrigindo erros.

	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT
1	x	x	x	x	x	x	x	x				
2												
3				x	x	x	x					
4									x	x		
5								x	x	x		
6							x	x	x	x		
7								x	x	x	x	
8										x	x	x