

## PROLONGAMENTO DA VIDA ÚTIL E COMPUTAÇÃO EM NUVEM: OPORTUNIDADES PARA PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS EM IES.

### Paulo Roberto Janissek

Universidade Positivo, Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental. Doutorado em Química Orgânica pelo IQ-USP-São Paulo, Pós-Doutorado em Análises Espectroscópicas no ISAS-Dortmund, Alemanha. Pesquisa gestão de resíduos, Análise do Ciclo de Vida e desenvolvimento de metodologias analíticas.

Cíntia Mara Ribas de Oliveira, Mirieli Zaneti, Rodrigo Daron Wang

pjanissek@up.com.br:

### RESUMO

A utilização de equipamentos eletro-eletrônicos vem crescendo exponencialmente devido às novas tecnologias aliadas à produção em escala que diminui o custo dos equipamentos. Este cenário deve ser mantido nos próximos anos, causando algumas preocupações, pois juntamente com esse avanço tecnológico, ocorrem vários problemas ambientais associados. Neste trabalho foi analisado o sistema de informática de uma Instituição de Ensino Superior (IES), para apresentar a computação em nuvem como alternativa ao conceito de computação utilizado na Instituição. Além da formação técnica/científica em áreas específicas do conhecimento, as IES têm também grande influência e responsabilidade na consolidação de valores como ética, cidadania e consciência ambiental. A Computação em Nuvem faz uso de memória e processamento de um servidor conectado à Internet, permitindo a redução dos impactos ambientais, pela menor demanda de energia e de componentes do computador configurado para o conceito em nuvem. Este trabalho realizou a avaliação dos impactos ambientais de computadores e as possibilidades de minimizar os impactos na fase de utilização, por meio de um estudo de caso em uma IES. São apresentadas as práticas sustentáveis adotadas na IES, que permitem a gestão da vida útil dos equipamentos, e um estudo para a substituição de parte dos computadores pelo sistema de computação em nuvem. Além dos ganhos ambientais e econômicos, é enfatizada a importância da Educação Ambiental e os seus efeitos multiplicadores, já que os acadêmicos que vivenciam práticas ambientais na Universidade são formadores de opinião e tomadores de decisão em sua atuação profissional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Computação em nuvem, sustentabilidade, educação ambiental, resíduos eletrônicos

### INTRODUÇÃO

A adoção de práticas ambientais no ambiente corporativo vem ganhando destaque, e várias são as razões, predominando o atendimento às legislações ambientais, as exigências do mercado e a crença consolidada de que isso representa um diferencial competitivo para o mercado (STAFFORD, 2011).

No entanto, apesar do papel relevante que as Instituições de Ensino Superior (IES) têm na promoção da sustentabilidade, fornecendo liderança intelectual e demonstração de como uma sociedade sustentável pode ser alcançada (BOYLE, 1999; EVANGELINOS et al., 2009), a mesma situação não tem sido observada muitas vezes na academia, onde os dados disponíveis na literatura reportam mais estudos de caso de setores isolados (NOLASCO et al., 2006; BARBOSA JR e JOHN, 2010; DA SILVA, 2010) do que a implementação de uma política institucional global (STAFFORD, 2011).

A promoção da sustentabilidade no contexto de IES pode ser conseguida por intermédio de vários meios relacionados com o seu funcionamento, tanto nas atividades gerais que acontecem em macro escala, como a gestão de recursos e resíduos, como nas diversas atividades de ensino e pesquisa, que acontecem em uma escala micro. Estas precisam estar alinhadas e integradas, para que toda a comunidade acadêmica, incluindo também as funções administrativas e a comunidade que vive no seu entorno, possa ser beneficiada e, principalmente, modificar conhecimentos e atitudes. Um dos métodos utilizados para analisar a ocorrência de falhas em projetos, produtos ou processos, tanto no âmbito industrial ou corporativo é o “FEMEA” - *Failure Mode and Effect Analysis* - Análise dos Modos e Efeitos das Falhas. De acordo com Helman e Andery (1995), é usado para identificar todos os possíveis modos potenciais de falha e determinar o efeito de cada uma sobre o desempenho do sistema (produto ou processo), mediante um raciocínio basicamente dedutivo. O método foi utilizado por Castro Jr. e colaboradores (2011) para o levantamento de aspectos ambientais em uma IES. Segundo os autores, uma das causas de impactos ambientais é a utilização inadequada de computadores nas salas de aula, laboratórios de informática e ambientes administrativos. Um dos problemas é referente

à demanda de energia, consumida desnecessariamente quando os computadores ficam ligados sem necessidade, e agravada quando a energia é obtida a partir de fontes emissoras de gases do efeito estufa. Outro problema é o chamado lixo tecnológico ou lixo eletrônico gerado no descarte de equipamentos, quando obsoletos ou de forma desnecessária. Estes equipamentos pode conter centenas de substâncias como chumbo, mercúrio, cádmio, compostos bromados anti-chamas (BFR), polímeros clorados como o cloreto de polivinila (PVC), gerando resíduos com alto potencial de danos ambientais. Este trabalho teve por objetivo avaliar os impactos ambientais de computadores e as possibilidades de minimizar os impactos na fase de utilização, por meio de um estudo de caso em uma IES.

## METODOLOGIA UTILIZADA

O trabalho avaliou alternativas ambientais para os computadores utilizados em uma Instituição de Ensino Superior. As questões ambientais foram analisadas, levando-se em conta o consumo de energia, a geração de resíduos, tanto com relação aos computadores do campus, quanto dos servidores. Também foram analisadas, de forma teórica, as configurações dos computadores existentes no mercado que utilizam a computação em nuvem e a convencional, com relação aos processadores, memória principal e secundária e sistema operacional utilizado. Foram consideradas as alternativas no mercado para montar um computador para utilizar o conceito da nuvem. Foram levantados também os custos típicos dos computadores utilizados na universidade.

Foi buscado também o tempo de vida dos computadores dentro da universidade, utilizando outros trabalhos feitos dentro da mesma universidade. O tempo de vida do computador é considerado para este trabalho como o tempo entre a chegada do novo computador na instituição e a sua saída por obsolescência, que é quando o computador atinge a seu tempo máximo e deve ser descartado. Dentro da universidade o computador deve ser remanejado de função várias vezes antes de ser descartado. Os dados relativos à este procedimento foram obtidos do estudo realizado por Zanetti (2010).

Os computadores foram agrupados de acordo com a configuração de *hardware* e *software* e a sua utilização (função) no campus. Nas configurações são especificados os tipos de processadores, memória principal, fonte de energia, sistema operacional e os principais aplicativos instalados no computador. Para este estudo, os computadores foram classificados de acordo com a sua utilização, na instituição. O estudo da gestão da vida útil dos computadores foi feito partindo-se de uma proposta de rotatividade destes equipamentos entre diferentes níveis de utilização, de modo a fornecer por meio do prolongamento da vida útil, bases sustentáveis para o planejamento.

Uma pesquisa foi feita para analisar a percepção de um sistema em nuvem, pelos usuários da universidade. Para isto foi criado um aplicativo que simula um sistema operacional em nuvem. Este aplicativo foi feito em linguagem C# com uma interface similar à do sistema operacional em nuvem Chrome OS. Ao iniciar o aplicativo, a partir de um ícone na tela era mostrado aos usuários um manual com instruções de uso. O programa apresentava um *menu* com diversos ícones para conectar aos diversos serviços da Internet. Existe a possibilidade de abrir diversos serviços em diferentes abas do navegador. É importante ressaltar que, por rodar em um computador convencional, somente simulando a computação em nuvem, o programa não tinha nenhum benefício de *hardware* do computador, como vantagens no consumo de energia como aconteceria com um computador em nuvem rodando um sistema operacional específico, como o Chromium OS. Ao finalizar a utilização, monitorada por um contador de visitas, um formulário, com 8 questões sobre a experiência de uso, de preenchimento espontâneo e anônimo era apresentado. O questionário tinha perguntas sobre a experiência na utilização do sistema, visando inferir sobre a aceitação, e perguntas para identificar o perfil do usuário. A coleta dos dados foi feita utilizando o site [www.surveymonkey.com](http://www.surveymonkey.com), e o programa Excel.

Para a elaboração dos cenários foram considerados a configuração dos computadores, a lista de programas instalados, o número de computadores e a sua utilização. Foram discriminados quais computadores poderiam ser substituídos, baseando-se na lista de aplicativos e a pesquisa de aceitação. A lista de *softwares* indica quais programas podem ser substituídos por serviços em nuvem. Para isso foi feita, na Internet, uma busca por serviços que podem suprir as necessidades de *software* da universidade. Foi dada prioridade a serviços gratuitos, total ou parcial (serviços com determinados recursos com custo e outros sem). Também foi considerada a possibilidade de desenvolvimento dos softwares pela universidade, especialmente para programas que já têm esta situação no sistema convencional.

Para a criação dos cenários foram ainda utilizados os dados dos anos anteriores, de 2005 a 2010, obtidos do trabalho realizado por Zaneti (2010) na mesma universidade. Nestes dados foram considerados o total de computadores, o número de computadores novos adicionados e o número de computadores removidos ao ano. O trabalho indica um tempo médio de 6 anos de utilização do computador dentro da universidade, até ser considerado obsoleto.

A possibilidade de substituição do conceito atual utilizado na IES pelo conceito da computação em nuvem foi outro ponto avaliado em termos de possibilidades tecnológicas e aceitação dos usuários. As vantagens ambientais foram calculadas em termos de economia de energia e de componentes (*hardware*). Para esclarecer e difundir a idéia, um ícone foi instalado nos computadores onde os alunos tinham acesso, permitindo a experiência da computação em nuvem.

## RESULTADOS

### ESQUEMA DE REMANEJAMENTO DOS COMPUTADORES DA IES

O detalhamento permitiu a contabilização do número de computadores no campus da Universidade, a rotatividade destes equipamentos entre diferentes níveis de utilização e as justificativas técnicas que viabilizam tais movimentações através do entendimento da sistemática do processo de remanejamento interno de computadores. A metodologia desenvolvida pelo Departamento de Informática é baseada em níveis de organização e distribuição dos equipamentos. Os computadores são divididos em três níveis hierárquicos:

- **Nível alto de exigência:** são os computadores que executam programas robustos e que precisam de um excelente desempenho do equipamento, tais como processamento, memória e armazenamento. Estes computadores são utilizados principalmente nos cursos de engenharia, arquitetura e desenho industrial.
- **Nível moderado de exigência:** são os computadores que necessitam de uma configuração e desempenho convencionais (médios), pois os programas utilizados não exigem muito do *hardware* e das configurações disponíveis. Estes computadores são utilizados, por exemplo, nos cursos de administração, direito e ciências biológicas.
- **Nível básico de exigência:** são os computadores com a configuração mais “simples” ou de menor desempenho, que não necessitam de programas específicos, utilizando os computadores apenas como ferramentas de trabalho na confecção de planilhas eletrônicas, redação de textos e acesso ao correio interno e *internet*. São exemplos de usuários destes computadores as secretárias, recepcionistas, funcionários administrativos e da biblioteca.

O reuso dos computadores é praticado entre os diferentes níveis de utilização, pois computadores que não atendem mais os usuários que demandam máquinas com alto desempenho são remanejados para aplicações com demanda moderada (intermediários). Ainda é possível, e efetivamente praticado para muitos computadores, uma terceira reutilização, quando os computadores passam de usuários intermediários para usuários (ou laboratórios) cujas necessidades são atendidas por computadores com configuração básica.

A partir do segundo ano de utilização, os computadores de alto desempenho recebem as devidas melhorias (*atualizações*) a fim de substituírem os computadores de médio desempenho, e estes por sua vez, os de baixo desempenho. Finalmente, após seis anos de uso, no mínimo, os computadores são descartados, e, após receber baixa de patrimônio, são doados a escolas e ONGs, ou vendidos a preços simbólicos para funcionários objetivando a inclusão digital, ou então são vendidos para recicladoras. Enquadram-se neste último caso aqueles computadores obsoletos que já passaram por todos os níveis de utilização e que não mais possuem as condições mínimas de uso para permanecerem no programa, e que devido a problemas técnicos não podem ser doados ou vendidos para funcionários e, portanto, são vendidos para empresas de reciclagem especializadas em eletro-eletrônicos.

As peças provenientes de computadores obsoletos e removidos, desde que estejam em boas condições de uso e que sejam compatíveis com os demais equipamentos, são reaproveitadas e reutilizadas em outros equipamentos ainda em uso. Além disso, o programa de gestão teoricamente não prejudica o desempenho das máquinas e as necessidades dos usuários de acordo com os requisitos técnicos recomendáveis, pois estes recebem novas máquinas ou atualizações em média a cada 2 anos. Este é o tempo de vida médio para computadores comerciais de acordo com alguns estudos (COTTA et al., 2008; CDI, 2009). O método descrito é ilustrado pelo fluxograma da Figura 01.

A vida útil dos computadores aumentou de 2 para 6 anos, ao se reutilizar cerca de um quarto do total de computadores movimentados no período (2005 – 2011), reduzindo assim a aquisição de computadores novos em 50%. O prolongamento da vida útil permitiu uma economia de aproximadamente US\$ 826.000,00, e evitou a geração de 28 t de resíduos eletrônicos.

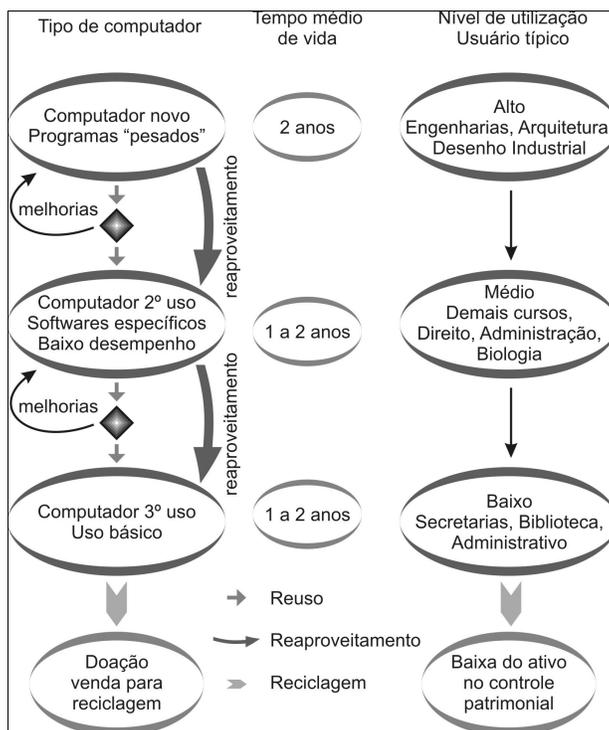


Figura 01: Fluxograma dos processos de aquisição, reutilização e destinação dos computadores da IES.

A movimentação dos computadores no período de 2005 e 2009, realizada de acordo com o fluxograma representado na figura 01, está apresentada no gráfico da figura 02. Na figura 2 é possível observar a linha de tendência da taxa de crescimento no número de computadores da IES no período analisado, partindo de 1614 computadores em 2005 para um total de 2556 computadores em 2009. As barras negativas indicam o número de computadores removidos do campus neste mesmo período, subtraindo-se do total de computadores que permaneceram. Do total de computadores existentes na IES, a renovação no parque tecnológico foi de 50%, enquanto que os computadores reutilizados no programa foram 23% e a taxa de removidos na ordem de 27%. A reutilização, além de postergar o descarte de equipamentos, reduziu a demanda por novas aquisições. Estes dados encontram suporte nas palavras de Cooper (2005), que comenta que a não geração ou a redução dos resíduos deve ser a primeira das prioridades dos três Rs: reduzir, reutilizar e reciclar.

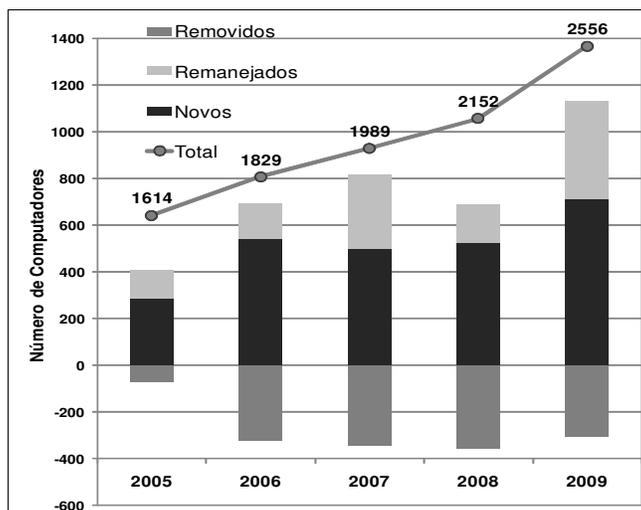


Figura 2: Quantidades de computadores novos, reutilizados e removidos na IES entre 2005 a 2009.

### COMPUTAÇÃO EM NUVEM: APLICATIVOS E PESQUISA COM USUÁRIOS

No tocante aos estudos da computação em nuvem como prática sustentável para a empresa, para investigar a viabilidade e as vantagens da solução, bem como difundir a idéia, foram disponibilizados os diversos recursos em nuvem presentes na internet e um manual de leitura optativa com as principais informações sobre a computação em nuvem e as vantagens ambientais relacionadas. A figura 3 mostra a página inicial do manual e a janela dos programas disponibilizados quando o ícone da computação em nuvem era acionado na área de trabalho dos computadores.



Figura 3 (a):Página inicial do manual digital sobre a computação em nuvem, (b): menu de aplicativos (programas) com acesso em nuvem através da Internet, instalados em alguns computadores do campus e exemplo da "aba" de informações visualizada ao posicionar o mouse em cima de cada programa.

Para a divulgação do aplicativo e incentivo à sua utilização foram criados pelo Departamento de Marketing da IES *banners* e cartazes sobre a computação em nuvem. Também foi criado um adesivo para diferenciar os computadores onde o aplicativo estava instalado. Os cartazes e *banners* foram colocados na primeira quinzena de julho de 2011, e a figura 4 mostra o cartaz e o *banner* que foram divulgados em vários ambientes na IES.



Figura 4 – Fotos de um cartaz e um *banner* colocado perto dos locais onde foi instalado o programa utilizando a computação em nuvem.

Foi também adicionado um contador de visitas que incrementava toda vez que algum usuário acessava o manual e, conseqüentemente, o aplicativo. A coleta dos dados foi feita utilizando o site [www.surveymonkey.com](http://www.surveymonkey.com), e os dados foram exportados para o programa Microsoft Office Excel. Foi obtido um valor total de 876 visitas com 86 respostas ao questionário. A universidade possui 11000 alunos, portanto obteve-se um total de 8% dos alunos que acessaram o aplicativo em 8 meses de pesquisa. O resultado das primeiras 6 perguntas da pesquisa de aceitação estão demonstrados na Tabela 1.

**Tabela 1: Respostas obtidas dos usuários sobre a experiência, o conceito e a utilização do sistema de computação em nuvem.**

Pergunta	Alternativas			
	Respostas (%)			
1. Como você classifica a sua experiência utilizando a computação em nuvem?	Muito Boa	Boa	Ruim	Muito Ruim
	23,3	38,4	16,3	22,1
2. Como você classifica a ideia do uso da computação em nuvem?	Muito Boa	Boa	Ruim	Muito Ruim
	51,2	30,2	7,0	11,6
3. Você acha possível apenas a utilização de um computador em nuvem, ou seja, apenas com aplicativos da Internet?	Sim		Não	
	65,0		35,0	
4. Quantas vezes você já acessou o nosso navegador de Computação em Nuvem?	1	2	3	4 ou mais
	70,9	14,0	2,3	12,8
5. Quantos programas você acessou?	1	2	3	4 ou mais
	54,1	25,9	3,5	16,5
6. O que você acha que pode melhorar para uma experiência mais agradável da computação em nuvem?	Melhorar / aumentar		Melhorar interface	
	Velocidade	Nº programas	Navegador	Programas
	42,0	56,8	53,1	34,6
	Faltou programa específico		Outros	
13,6		13,6		

Na primeira e segunda questão os resultados foram positivos, que eram questões sobre a experiência, ou seja, no uso do aplicativo e sobre a ideia do uso de um computador ligado a nuvem. Porém na terceira pergunta sobre o uso apenas de um computador em nuvem a escolha ficou bem dividida. Embora com o resultado tendendo ao “sim”, existe provavelmente uma necessidade de programas específicos e que não estavam disponíveis no novo conceito. Porém vários cursos não têm a necessidade de computadores com programas específicos e portanto, o uso de um computador em nuvem é possível. De acordo com a quarta pergunta a maioria das respostas foi obtida na primeira visita, mas isto também pode representar que a maioria dos usuários utilizou apenas uma vez o programa.

A quinta pergunta revelou que a grande maioria utilizou apenas um aplicativo, o que revela que provavelmente o simulador foi utilizado de forma pouco abrangente. A sexta pergunta mostrou que o maior problema era o número total de serviços, ou seja, a necessidade de uma maior gama de serviços em geral, não que exista a necessidade de algum específico, já que na questão de programas específicos houve bem menos respostas. O segundo maior problema é a interface do aplicativo criado, mas deve-se lembrar que esta interface tenta ser similar a de um sistema operacional em nuvem. O terceiro problema apontado foi a velocidade do programa, com 42% de respostas, que pode ser resultado da velocidade de conexão com a Internet da IES e a sobrecarga de outros programas sendo executados no computador. O quarto problema apontado foi a interface dos serviços em nuvem, com 34,6% das respostas, que devido à necessidade de registro para acesso tem uma interface inicial não muito amigável. O problema com velocidade teve apenas 3 indicações, e pode depender da condição da velocidade da Internet no momento. Quanto a última resposta "Outro" não houve nos comentários nenhum problema que foi considerado relevante para o trabalho.

A sétima pergunta era aberta a resposta sobre outros problemas e a comentários, com apenas 2 comentários. O primeiro comentário foi “*Entrei apenas para testar, e gostei da velocidade, dependendo do programa essa forma me pareceu bem mais rápida que se tivesse sido processado pelo computador. Embora o comum seja o contrário, acredito.*”. Mostrando a opinião do usuário sobre a velocidade e a ideia formada que o sistema convencional seria mais rápido. O segundo comentário foi “*O uso da nuvem é limitado ao campus? mesmo eu sendo aluno, eu posso acessar de casa?*” que mostrou interesse do usuário em acessar de casa o sistema em nuvem, o que revelou o interesse no novo sistema.

## VANTAGENS DA COMPUTAÇÃO EM NUVEM EM RELAÇÃO AO CONCEITO CONVENCIONAL

Para a análise das oportunidades em termos de economia energética propiciada pela solução, os computadores da IES foram agrupados conforme a configuração e o uso, e uma comparação do atual sistema com o conceito da computação em nuvem foi realizada. O consumo de energia demandados pelos computadores da IES foi analisado utilizando o número de computadores, uma estimativa de horas de uso diário, a média da potência nominal dos computadores e a estimativa da potência real utilizada. Segundo a documentação da universidade quanto aos computadores, o *software* de edição de texto está presente em todos os computadores. Portanto a estimativa da potência real utilizada é de um computador utilizando um editor de texto, que em um ambiente universitário é o principal software, usado por todos os cursos.

Os dados sobre os computadores foram separados entre as quatro categorias de computadores, uso administrativo, uso geral por alunos, laboratórios específicos e uso didático. A estimativa da potência utilizada foi feita baseada nos testes do estudo sobre a comparação dos computadores em que foi possível analisar um uso em média de 150W por computador do tipo *Desktop*.

O segundo estudo foi o de consumo de energia de um sistema de computadores em nuvem, utilizando o mesmo número de computadores, a estimativa de horas diárias e a potência utilizada em um computador em nuvem. Os principais resultados para a simulação de energia estão sumarizados na Tabela 2.

**Tabela 2: Descrição dos computadores convencionais existentes e as possibilidades de economia utilizando o conceito da computação em nuvem.**

Nr.	Computadores Aplicação <sup>(a)</sup>	Uso <sup>(b)</sup> (horas)	Consumo Energia <sup>(c)</sup>		Economia de Energia <sup>(f)</sup> (MWh)
			Convenc. <sup>(d)</sup>	Nuvem <sup>(e)</sup>	
1254	Dedicados <sup>(g)</sup>	6	130	15	17,31
100	Uso acadêmico	6	130	15	1,38
273	Administrativo.	8	130	15	5,02
1076	Geral <sup>(h)</sup>	8	130	15	19,80
Economia mensal possível					43,51

<sup>(a)</sup>: De acordo com a utilização típica; <sup>(b)</sup>: média de uso diário estimada; <sup>(c)</sup>: média de 4 medidas do consumo da CPU de um computador em procedimento de digitação automática realizada durante 10 horas por um dispositivo de digitação automática; o monitor estava desligado durante o teste; <sup>(d)</sup>: foram avaliados computadores de diferentes configurações e não foram observadas diferenças significativas nas diferentes aplicações; <sup>(e)</sup>: Netbook Philco PHN10001 com sistema operacional *Chromium OS* e alguns componentes removidos para otimizar a utilização no conceito em nuvem; <sup>(f)</sup>: economia mensal de energia hipotética, considerando a substituição de todos os computadores pelo conceito em nuvem; <sup>(g)</sup>: computadores com configuração específica para determinados cursos ou softwares de alta demanda; <sup>(h)</sup>: Aplicações gerais diferentes das descritas.

A separação dos computadores em categorias foi feita para uma melhor organização e a escolha destas foi feita baseado no tipo de utilização dos computadores. A primeira separação foi entre Acadêmico e Administrativo, sendo o primeiro de uso dos alunos e professores da universidade e o segundo de uso dos funcionários e diretoria. O tempo de uso dos computadores foi estimado de acordo com o horário dos turnos da universidade. Foi considerado um tempo de uso de 5 horas por turno (manhã e noite) para os computadores de uso geral e específicos aos cursos, porém foi considerado que nem todos os computadores são utilizados diariamente, sendo então considerado um total de 6 horas totais,

considerando que pouco mais da metade dos computadores são realmente utilizados ao dia. Para os computadores de uso administrativo foi considerado um tempo de 8 horas, embora o tempo de trabalho possa ser maior, o uso dos computadores deve ficar próximo ao considerado. O tempo de uso dos computadores variados foi considerado de 8 horas, embora grande parte dos computadores, em salas de aulas, deveria ser utilizada durante os turnos de 5 horas, nem todas as salas são utilizadas, e muitas em apenas um dos turnos.

### CENÁRIOS PARA A IMPLANTAÇÃO DA COMPUTAÇÃO EM NUVEM NA IES

A partir dos estudos anteriores foram criados três cenários, utilizando a computação em nuvem, e um controle, apresentados na tabela 3, utilizando apenas o conceito utilizado atualmente na universidade. Todos os cenários foram feitos baseando-se nos computadores a serem substituídos devido à obsolescência.

Tabela 3 – Descrição dos cenários para a implantação da computação em nuvem na IES.

Legenda	Descrição
Controle	Neste cenário não é feita a implantação da computação em nuvem dentro da universidade, e segue o sistema utilizado atualmente, portanto as equações utilizaram uma porcentagem inicial de 0% e um aumento de 0% ao ano.
Cenário 01	Este Cenário utilizou porcentagem inicial de 40%, proveniente da porcentagem de computadores passíveis de substituição na universidade atualmente, e aumento anual de 10% permitindo a substituição total nos próximos 10 anos.
Cenário 02	Este é um cenário mais modesto com a porcentagem inicial de 20%, baseada na metade do valor total dos computadores passíveis de troca, e um aumento anual de 4%, que permite um tempo de 5 anos para a substituição total dos computadores.
Cenário 03	Este cenário apresenta substituição com uma porcentagem inicial de 70% e aumento anual de 20%, que são consideradas otimistas permitindo a substituição total da computação em nuvem dentro dos 6 anos, que é o tempo de obsolescência dos computadores da instituição.

Conforme Zaneti (2010) universidade tem um sistema onde o tempo de vida de um computador dentro da universidade é de no mínimo 6 anos, da entrada ao descarte. Dessa forma é possível prever quantos computadores devem ser descartados em função dos anos. Todos os cenários foram feitos com uma porcentagem inicial de troca por computadores em nuvem e um aumento nessa porcentagem em função dos anos. Estas porcentagens se referem à parte dos computadores novos a serem adquiridos para a instituição.

A primeira estimativa obtida foi o do controle, considerado importante para estabelecer uma base de comparação com os outros cenários de implantação da computação em nuvem a serem apresentados. Utilizando as projeções de crescimento no número de computadores, foram feitos os cálculos de computadores novos, obsoletos e o total, além das estimativas e previsões do consumo de energia, massa dos computadores descartados e custo com computadores substituídos. Os resultados estão apresentados de forma gráfica na figura 5.

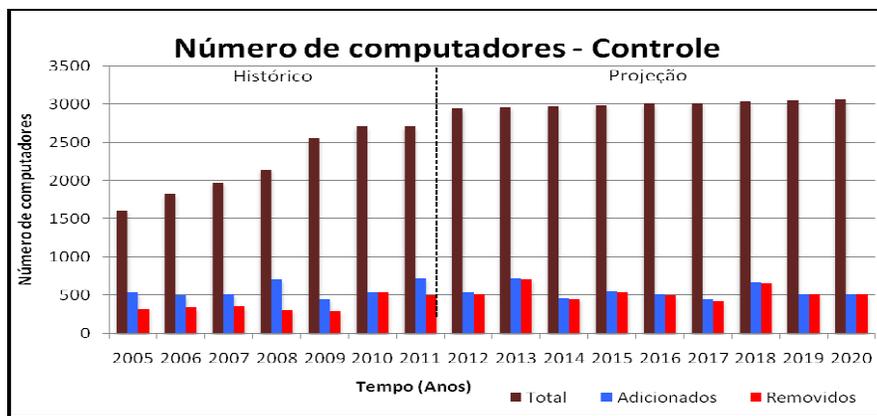


Figura 5: Cenário de controle apresentando o histórico e as projeções anuais até 2010 do número de computadores (un.) convencionais..

Na escolha do melhor cenário levou-se em conta as potencialidades e limitações de cada cenário, analisando o fator ambiental, pela comparação do consumo de energia e das massas dos computadores, e a comparação do investimento econômico anual, necessário para a substituição dos computadores. Também foi feita uma análise da aceitação pelos usuários da instituição.

A comparação do consumo de energia elétrica dos computadores da universidade, nos 3 cenários apresentados que utilizam a computação em nuvem em diferentes porcentagens, e no cenário de controle que utiliza apenas a computação tradicional, é apresentada na figura 6.

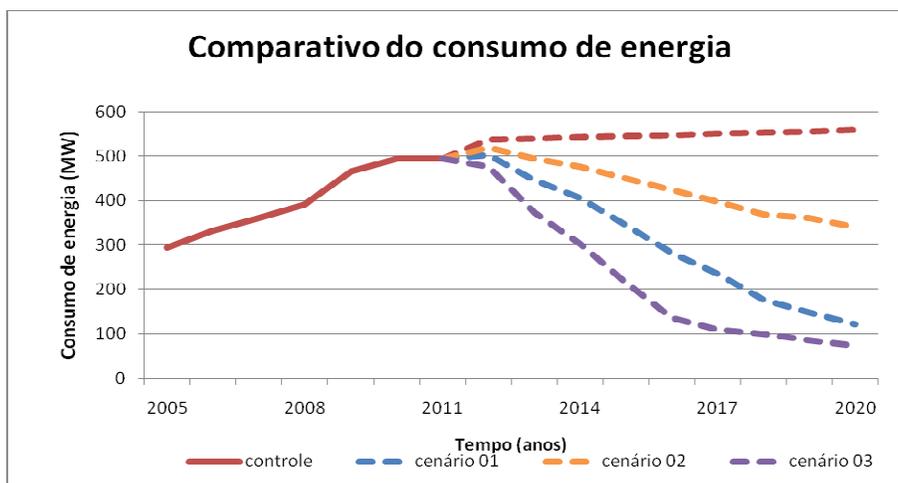


Figura 6: consumo de energia anual, calculada entre 2005 a 2011 e cenários projetados até 2020.

Outra análise foi com relação a massa dos computadores descartados, utilizando a massa de 10kg para os computadores convencionais e de 2kg para os computadores em nuvem. Deve se lembrar que existe uma política de troca dos computadores a cada 6 anos dentro da universidade conforme citado anteriormente.. A figura 7 mostra esta comparação da massa dos computadores descartados.

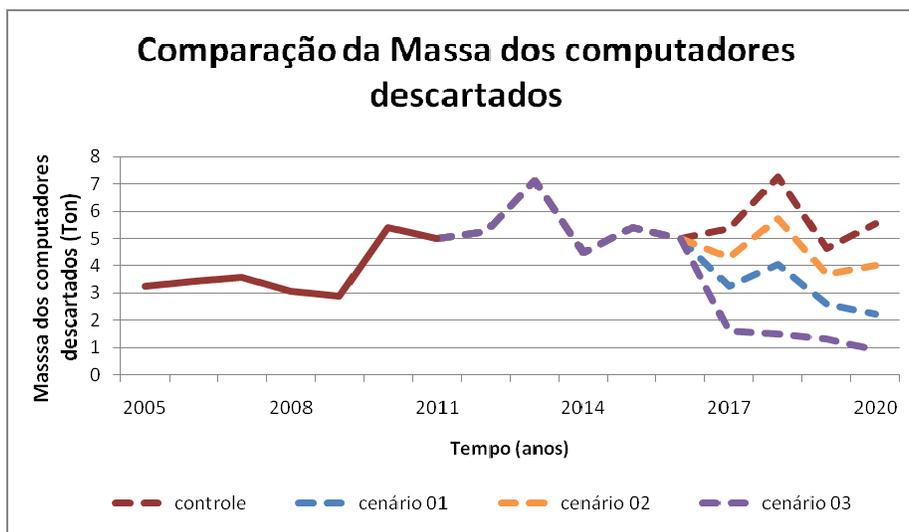
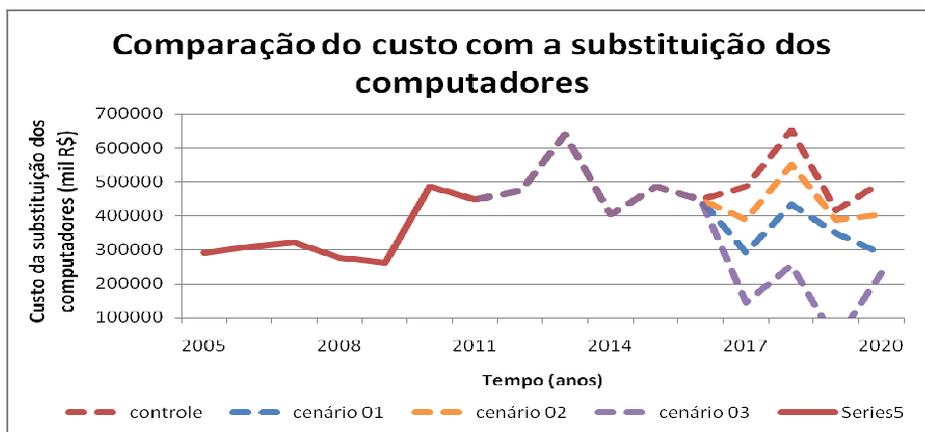


Figura 7 – Geração anual de resíduos (massa) dos computadores descartados, calculada entre 2005 a 2011 e cenários projetados até 2020.

A figura 7 mostra que até o ano de 2016 o descarte de computadores será igual em todos o cenários, isto se deve aos computadores que já foram adquiridos e que deverão ser descartados seguindo o funcionamento atual da universidade. Após este ano é possível notar que novamente o cenário 3 possui o melhor rendimento com uma menor massa de computadores descartados. Embora o cenário 03 tenha um maior rendimento nos anos de 2016 a 2018, o cenário 02

tende a ter um bom rendimento após o ano de 2018. Esta diferença de rendimento ocorre após a substituição total do sistema pela computação em nuvem. Após o ano de 2020 os cenários 2 e 3 tendem a se unificar, diferentemente do cenário 1 que terá um tempo maior para a troca total dos computadores, pelo conceito em nuvem.

Outra análise foi o custo dos computadores novos tanto da computação em nuvem como da computação convencional, este é o valor a ser investido em computadores pela instituição nos cenários propostos e no cenário de controle. Foi analisado o custo de computadores similares aos utilizados na universidade e computadores com a possibilidade utilização do sistema operacional em nuvem. Então foi considerado um valor de R\$900,00 para os computadores convencionais e de R\$400,00 para computadores em nuvem. O custo do computador convencional foi feito a partir dos valores de mercado, dos principais revendedores de computadores. O valor do computador em nuvem foi calculado de acordo com o estudo anterior da caracterização do sistema. A figura 8 mostra a comparação do custo com a substituição dos computadores.



**Figura 8: Custo anual acumulado decorrente da renovação dos computadores da IES calculada entre 2005 a 2011 e cenários projetados até 2020..**

A figura 8 mostra que o custo dos três cenários são similares e abaixo dos valores do cenário de controle, portanto a utilização de computadores em nuvem pode trazer uma economia de mais de 1 milhão de reais em nove anos de implantação. Esta economia pode chegar próximo de 1,5 milhão de reais com a utilização do cenário 03, isto apenas com a compra de computadores, desconsiderando o menor custo com energia durante estes anos. Embora o cenário 03 possua o melhor resultado, a diferença entre os outros dois cenários não é tão expressiva a ponto de considerar este fator como prioridade na escolha do melhor cenário.

Uma desvantagem da computação em nuvem é o tempo de adaptação do usuário à nova tecnologia. Durante a pesquisa de aceitação foi possível notar que nos primeiros 3 meses, 42% dos usuários achavam possível a utilização de um computador em nuvem, apenas com aplicativos em nuvem, e ao final da pesquisa 6 meses depois esta porcentagem aumentou para 66%. Isto se deve à divulgação que levou uma curiosidade do usuário em aprender a utilizar esta nova tecnologia, e uma vez que há um entendimento dela é mais fácil para o usuário aceitar a troca. Com esses dados foi então constatado que a cada 6 meses pode se ter um ganho de 24% no de aceitabilidade, isto considerando que o aluno tenha um acesso contínuo aos computadores. Porém esta análise também depende de fatores como a disponibilidade de novos serviços que correspondam às necessidades dos usuários. Considerando que grandes empresas do ramo da informática estão desenvolvendo diversos produtos na área de informática é possível que grande parte destes serviços já estejam disponíveis nos próximos 5 anos. Este é tempo razoável de renovação dos principais softwares utilizados pela universidade. A figura 09 mostra uma previsão da aceitabilidade em função da troca de computadores nos 3 cenários.

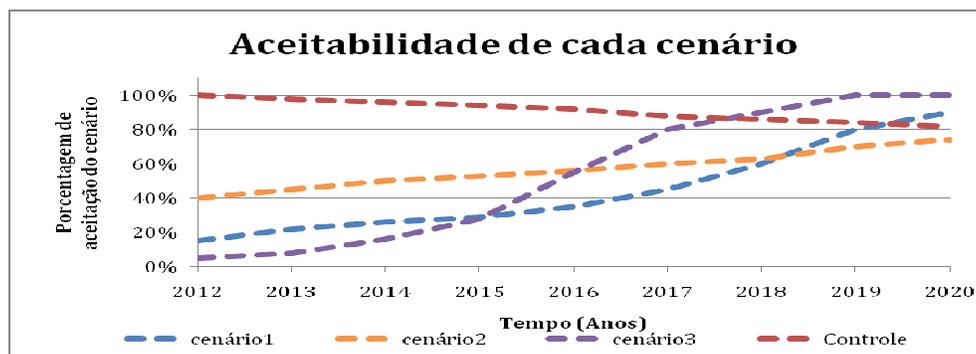


Figura 9: Estimativas da aceitação pelos usuários dos diferentes cenários de implantação da computação em nuvem.

Na figura 9 são previstas as dificuldades de adaptação dos usuários o novo sistema. Estima-se que quanto maior a substituição dos computadores convencionais, maior serão as dificuldades de aceitação iniciais, porém com a introdução de mais computadores em nuvem, até a troca total, a aceitação tenderá a aumentar rapidamente, como descrito no cenário 03. No cenário 02, em que acontece o uso prolongado dos dois conceitos, nuvem e convencional, estima-se que a aceitação seja lenta já que existe a comparação direta entre os dois conceitos, porém com a chegada de novos serviços, aumentando as opções e diminuindo as restrições, esperados para o futuro da computação em nuvem, a aceitação tende a crescer no decorrer dos anos. Para uma melhor aceitação dos usuários a universidade poderia fazer uma campanha de esclarecimento, com o uso dos meios de comunicação da universidade, como o portal da Internet, jornais internos, cartazes, entre outros. Esta campanha poderia contar com cursos e palestras, que tem como objetivo ajudar no entendimento e na utilização, da computação em nuvem.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O programa de gerenciamento dos computadores da IES estudada foi detalhado e sistematizado, pois o sistema existente era totalmente informal e sem um viés ambiental. Neste ponto, destaca-se a importância da educação ambiental, já que houve uma mudança de postura e motivação dos colaboradores responsáveis por estas ações. O esclarecimento das vantagens da computação em nuvem também permitiu que os usuários manifestassem uma grande aceitação para a mudança. A computação em nuvem permite reduzir os componentes do computador, aperfeiçoar a utilização dos servidores, reduzir os custos iniciais com equipamentos de informática, além de contribuir com a redução ou eliminação de programas ilegais. Dessa forma, tem potencial para atender às questões ambientais, econômicas e sociais, que devem ser a meta na busca pela sustentabilidade. No entanto, foram constatadas diversas limitações, que precisam ser superadas para a sua adoção, entre elas uma interface mais amigável, maior oferta de aplicativos e velocidade de acesso no ambiente em nuvem. A computação em nuvem pode ser considerada como o futuro dos computadores, existindo a possibilidade real de uso com as tecnologias atuais para a maioria dos usuários, que utilizam o computador para tarefas gerais. O uso da computação em nuvem não deve ficar apenas em um ambiente acadêmico, podendo ser utilizado por empresas, bibliotecas públicas e outros estabelecimentos que utilizam computadores e programas similares aos de uma instituição de ensino.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARBOSA Jr, W. G., JOHN, V. M. Gestão de pilhas e baterias usadas na escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Anais do I Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Bauru, SP, 2010.
2. BOYLE, C. Education, sustainability and cleaner production. Journal of Cleaner Production, 7(1), 83–7, 1999.
3. CASTRO Jr. E. J., BACARJI, A. G., BONATTI, J. Levantamento de aspectos e impactos ambientais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Campus Cuiabá-Bela Vista. Anais do III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Londrina, PR, 2011.
4. COOPER, T. Slower Consumption. Journal of Industrial Ecology, Vol. 9 nº 1-2, Massachusetts Institute of Technology and Yale University, 2005.

5. DA SILVA, J. R. N. Lixo Eletrônico: Um estudo de responsabilidade ambiental no contexto do Instituto De Educação Ciência E Tecnologia Do Amazonas – IFAM Campus Manaus Centro. Anais do I Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Bauru, SP, 2010.
6. EVANGELINOS, K. I et al. Challenges and opportunities for sustainability in regional universities: a case study in Mytilene, Greece. *Journal of Cleaner Production*, 17, 1154–1161, 2009.
7. HELMAN, H., ANDERY, P. Análise de falhas; aplicação dos métodos FMEA e FTA. Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 156p., 1995.
8. NOLASCO, F. R. et al. Implantação de programas de gerenciamento de resíduos químicos laboratoriais em universidades: análise crítica e recomendações. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. São Paulo; vol. 2; n. 2; pp. 118-124, 2006.
9. STAFFORD, S. L. How Green is your campus? An analysis of the factors that drive universities to embrace sustainability. *Contemporary Economic Policy*, 29, 337-356, 2011.
10. ZANETI, M. Avaliação do ciclo de vida dos computadores e o prolongamento da vida útil como alternativa ambiental. Dissertação de Mestrado, Universidade Positivo, 225 p., 2010.