

Volume 7 Número 2 Dezembro de 2007

ISSN 1519-8022

REVISTA DE CIÊNCIA & TECNOLOGIA

A revista tecnológica da UNIG



FACULDADE DE
CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS

REVISTA DE CIÊNCIA & TECNOLOGIA

A revista tecnológica da UNIG

Direitos exclusivos para esta edição:

Universidade Iguaçu – UNIG

Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas

Nova Iguaçu, RJ

Os artigos desta revista são de responsabilidade exclusiva dos autores. É permitida a reprodução total ou parcial dos artigos nela publicados, desde que seja citada a fonte.

Impresso no Brasil

Supervisor Editorial

Antônio Filipe Falcão de Montalvão (UNIG)

Corpo Editorial

Antônio Carlos de Abreu Mol(CNEN)

Antônio Carlos Freire Sampaio (UNIG)

Antônio Filipe Falcão de Montalvão (UNIG)

Cláudio Henrique dos Santos Grecco (UNIG,CNEN)

Cláudio Márcio Nascimento Abreu Pereira (UNIG)

Denise Salim Santos (UNIG,FACHA,UERJ)

Fernando Medina (UNIG)

Francisco Antônio Caldas Andreade Pinto (UNIG)

Isaias Gonzaga de Oliveira (UNIG)

Paulo Fernando Neves Rodrigues (FAU/UFRJ)

Paulo Victor Rodrigues de Carvalho (UNIG,CNEN)

**REVISTA DE CIÊNCIA & TECNOLOGIA / Universidade Iguaçu, v7 n°2 (DEZ-2007)
Nova Iguaçu - Rio de Janeiro: Gráfica Universitária, 2007.**

Semestral

ISSN 1519-8022

1. Ciências Exatas e Tecnológicas – Periódicos. I. Universidade Iguaçu

REVISTA DE CIÊNCIA & TECNOLOGIA

A revista tecnológica da UNIG

Objetivo e Escopo

REVISTA DE CIÊNCIA & TECNOLOGIA é uma publicação de distribuição gratuita, editada semestralmente pela Universidade Iguaçu, com o objetivo de divulgar *trabalhos científicos inéditos* e *artigos de revisão*, cobrindo os diversos temas na área de Ciências Exatas e Tecnológicas.

Informações para submissão de artigos

Os interessados em submeter artigos para publicação deverão enviá-los ao endereço abaixo, em duas cópias, impressas em papel formato A4 (impresso somente de um lado da folha), coluna única, com espaçamento simples e letra Times New Roman tamanho 12, acompanhadas dos respectivos arquivos eletrônicos (e-mail ou em disquete de 3^{1/4}), PC/Compatível, contendo o texto editado em Microsoft Word, as figuras e tabelas necessárias. Com o intuito de agilizar a edição, recomenda-se que as figuras e tabelas sejam embutidas no texto já em suas respectivas posições. A primeira folha deve conter o *título do trabalho*, *nomes* e *endereços* completos dos autores e um *resumo* de, no máximo, 250 palavras. O corpo do trabalho deve ser subdividido em seções numeradas com algarismos arábicos. As referências devem ser numeradas em ordem de citação no corpo do texto. O artigo completo não deve exceder 15 páginas, incluindo figuras e tabelas.

Revisão dos artigos

Todos os artigos serão revisados por especialistas, membros do corpo editorial, ou, caso haja necessidade, revisores externos serão convidados. Neste caso, os nomes de tais revisores serão informados nos respectivos exemplares. No caso da aceitação do artigo estar condicionada às considerações feitas pelos revisores, estas serão repassadas ao autor para que o próprio faça as devidas modificações no artigo, reenviando-o para o corpo editorial. Após aceitação ou não do trabalho, os autores serão notificados. O material enviado para revisão não será, em hipótese alguma, retornado ao autor.

Endereço para submissão de artigos

Os artigos devem ser submetidos para:

Antônio Filipe Falcão de Montalvão

UNIVERSIDADE IGUAÇU
Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas - FaCET,
Assessoria de Pesquisa
Av. Abílio Augusto Távora 2134, Nova Iguaçu, RJ
E-mail: facet@unig.br

Chanceler

Dr. Fábio Raunheitti – in memorian

Presidente da Mantenedora

Profº. Sylvio Jorge de Oliveira Shad

Reitor

Dr. Júlio César da Silva

Pró-Reitor Administrativo

Dr. João Batista Barreto Lubanco

Pró-Reitor de Ensino e Graduação

Dr. Carlos Henrique de Melo Reis

Pró-Reitor de Pesquisa e Extensão

Profº. Dr. Antônio Carlos Carreira Freitas

Secretário Geral

Maria de Fátima Maunhé Raunheitti Ramos

Diretor da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas

Oswaldo Parente Gomez

Coordenador do Curso de Sistemas de Informação

Profª. Débora José de Souza Constantino

Coordenador do Curso de Engenharia da Computação

Profº. Jorge Luiz Pestana Ferreira

Coordenador do Curso de Engenharia de Petróleo

Profº. Márcio Vicente da Costa Ramos

Coordenador do Curso de Engenharia de Produção

Profº. Márcio Vicente da Costa Ramos

Coordenador do Curso de Licenciatura em Computação

Profº. Jorge Luiz Pestana Ferreira

Coordenador do Curso de Matemática

Profº. Victor Emanuel Correia Lima

Assessor de Extensão da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas

Profº. Luis Carlos da Silva



Universidade Iguaçu

Av. Abílio Augusto Távora, 2134 – CEP 26.260-000

Nova Iguaçu – RJ – Brasil – Tel.: 2666-2001

www.unig.br

Editorial.....	6
Antônio Filipe Falcão de Montalvão	
Construção de um sistema de tratamento de efluentes a partir do uso conjugado de fotoativação e peróxido de hidrogênio denominado “Living Machine”	7
Job Tolentino Junior, Ana Carolina Bio Ramos, Lara Cristina Xavier de Magalhães Pinto e Wênia de Santana Ramos.	
Estudo da aplicação de processo Fenton na descoloração de corante reativo	19
Fabiana Valéria da Fonseca Araújo, Lídia Yokoyama e Luiz Alberto Cesar Teixeira	
Remoção de organoclorados da água por <i>stripping</i>	27
Antônio Filipe Falcão de Montalvão	
Desafios da Introdução das Reforma e Modernização no Estado do Rio de Janeiro	35
Francisco Antônio Caldas de Andrade Pinto	
Metodologias para a Análise da Atividade Cognitiva no Trabalho.....	44
Paulo Victor Rodrigues de Carvalho, Isaac Luquetti dos Santos e Claudio Henrique dos Santos Grecco	
O Uso de Ambientes Informatizados na Prática Docente em Cursos de Informática em Instituições de Ensino Superior Privadas	57
Altemar Sales de Oliveira e Rosa Amelita Sá Menezes da Motta	
A contribuição da tecnologia da informação na gestão estratégica de instituição de ensino privada: uma abordagem para o estudo de cenários	68
Altemar Sales de Oliveira, Rosa Amelita Sá Menezes da Motta e Saulo Bárbara de Oliveira	
Estudo Simplificado para Avaliação da Eficiência de Sistemas de Controle de Vibrações Passivos e Ativos	80
Wendell Diniz Varela	

Editorial

A REVISTA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, publicada pela Universidade Iguaçu tem, ao longo da sua existência publicado artigos científicos com ênfase nas ciências exatas, engenharias e educação, preocupando-se sempre em apresentar resultados de pesquisas voltadas para a melhoria do ensino, da qualidade de vida do ser humano e do meio ambiente.

Este número do volume 7 apresenta inicialmente resultados de pesquisas no âmbito da engenharia ambiental, mostrando o comprometimento da comunidade científica com a melhoria da qualidade da água de consumo e com melhoria da qualidade das águas residuais. Apresenta um estudo do desempenho de sistemas na redução das amplitudes de vibração de uma estrutura esbelta sob ação de diferentes forças externas com ampla aplicação em projetos estruturais na engenharia. Discute a questão da falta de uso de recursos computacionais no ensino superior das instituições privadas e mostra como a tecnologia da informação pode contribuir na gestão estratégica de instituições de ensino privada face às variações da política educacional do governo federal. Apresenta uma Análise do Trabalho Conjuntivo levando em consideração as exigências complexas com as quais o ser humano se defronta atualmente e levanta a questão dos desafios da implantação de melhorias na gestão pública.

A REVISTA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA agradece aos autores dos artigos publicados neste número e convida a comunidade científica interna e externa a divulgar sua produção científica neste veículo.

Antônio Filipe Falcão de Montalvão

Construção de um sistema de tratamento de efluentes a partir do uso conjugado de fotoativação e peróxido de hidrogênio denominado “Living Machine”

Job Tolentino Junior ¹(Org), Ana Carolina Bio Ramos ², Lara Cristina Xavier de Magalhães Pinto ², Wênia de Santana Ramos ³

¹ MSc em Engenharia Nuclear, Professor Universidade Iguazu UNIG - Curso de Sistemas de Informação, Curso de Medicina, Curso de Engenharia de Petróleo, IGRAT- Itaperuna, RJ, Brasil, E-mail: jobtjr2000@yahoo.com

² Aluna do curso de Medicina da Universidade Iguazu – Itaperuna, RJ, Brasil

³ Aluna do curso de Farmácia da Universidade Iguazu –UNIG - Itaperuna, RJ, Brasil

Resumo

Água de boa qualidade será um dos insumos mais escassos no século XXI. Isto porque a demanda necessária para suprir a espécie humana cresceu em mais de seis vezes nos últimos 100 anos. Os problemas de poluição gerados pelo homem contribuíram e muito para destruir uma grande parte dos mananciais naturais de boa qualidade. No intuito de encontrar opções para essa encruzilhada, este projeto pretende como tema construir um sistema de tratamento de efluentes a partir da criação e conjugação de uma série de ecossistemas artificiais. Especificamente, este sistema de tratamento de efluentes pretende unir duas tecnologias de tratamento de efluentes já existentes: A “LIVING MACHINE” e a “fotoativação de peróxido de hidrogênio”. A união dessas duas tecnologias pode ser usada como um eficaz meio de tratamento de efluentes em um período de tempo inferior a três dias. Atualmente encontram-se em uso diversas tecnologias de tratamento de efluentes com peróxido de hidrogênio. Os poluentes abatidos são, na maioria dos casos, compostos orgânicos, cianetos, arsênio, óxidos nitrosos e sulfetos. Por mais satisfatórios que sejam esses processos, a prática de utilização mostra que ainda existe espaço para melhorar aspectos operacionais, bem como para ampliar o espectro de poluentes que podem ser abatidos. Para isto a união das tecnologias de fotoativação do peróxido, com a tecnologia da “LIVING MACHINE” pode gerar um sistema barato, ecologicamente compatível, de fácil manutenção (ou mesmo livre de manutenção) e simples, de modo a poder ser aplicado a uma residência, indústria, bairro, cidade ou mesmo região, apenas variando a escala.

Palavras-chave: efluente, foto ativação, peróxido, “Living Machine”.

1. Introdução

Água de boa qualidade será um dos insumos mais escassos no século XXI. Isto porque a demanda necessária para suprir a espécie humana cresceu em mais de seis vezes nos últimos 100 anos. Os problemas de poluição gerados pelo homem contribuíram e muito para destruir uma

grande parte dos mananciais naturais de boa qualidade. A questão que nossa espécie enfrenta é a necessidade de recuperar a qualidade da água como fator de sucesso ou fracasso, encruzilhada evolutiva que a espécie humana se colocou neste início de século XXI.

No intuito de encontrar opções para essa encruzilhada, este projeto pretende como

tema construir um sistema de tratamento de efluentes a partir da criação e conjugação de uma série de ecossistemas artificiais. Especificamente este sistema de tratamento de efluentes pretende unir duas tecnologias já existentes: A “*LIVING MACHINE*” e a “*fotoativação de peróxido de hidrogênio*”.

Uma máquina viva ou seja “*LIVING MACHINE*” (uma invenção patenteada pela Ocean Arks International) consiste em uma série de células de residência com vegetação terrestre e aquática (tal como plantas vivas, árvores, gramas e algas), com animais aquáticos do tipo “koi”, peixes dourados, camarão de água doce, minúsculos caracóis e uma diversidade de microorganismos e de bactérias. Cada tanque é um ecossistema diferente, projetado para absorver os poluentes de um efluente. O processo de degradação do efluente dura aproximadamente quatro dias ao ar livre e transforma o efluente em água cristalina. É este produto livre de odor (com a exceção talvez da fragrância doce das flores) se comparado ao tratamento de efluentes convencional. Custa menos financeira e ecologicamente. Na fotoativação de peróxido de hidrogênio com radiação UV (ultra violeta) produz radicais livres $\text{OH}^\cdot$. O radical $\text{OH}^\cdot$ tem um potencial de oxidação muito maior, se comparado ao do próprio peróxido, e com a vantagem de ser um composto também compatível com o meio ambiente. A combinação de peróxido de hidrogênio e radiação UV pode ser usada para destruir uma larga faixa de compostos orgânicos encontrados em efluentes orgânicos, industriais e de processos de extração e manufatura metalúrgica. A união destas duas tecnologias pode ser usada como um eficaz meio de tratamento de efluentes em um período de tempo inferior a três dias.

Atualmente encontram-se em uso diversas tecnologias de tratamento de

efluentes com peróxido de hidrogênio. Os poluentes abatidos são, na maioria dos casos, compostos orgânicos, cianetos, arsênio, óxidos nitrosos e sulfetos.

Por mais satisfatórios que sejam esses processos, a prática de utilização mostra que ainda existe espaço para melhorar aspectos operacionais, bem como para ampliar o espectro de poluentes que podem ser abatidos. Para isto, a união das tecnologias de fotoativação do peróxido, com a tecnologia da “*LIVING MACHINE*” pode gerar um sistema barato, ecologicamente compatível, de fácil manutenção (ou mesmo livre de manutenção) e simples, de modo a poder ser aplicado a uma residência, indústria, bairro, cidade ou mesmo região, apenas variando a escala.

2. Objetivos

Construir um sistema de tratamento de efluentes a partir da criação e conjugação de uma série de ecossistemas artificiais. Especificamente este sistema de tratamento de efluentes pretende unir duas tecnologias de tratamento de efluentes já existentes: A “*LIVING MACHINE*” e a “*fotoativação de peróxido de hidrogênio*”.

3. Metodologia

A construção desse ecossistema artificial consiste no acoplamento de células de residência construídas a partir de garrafas PET com capacidade de 2 litros (figura 3.1).

Essas células estão dispostas em uma sequência que tem por objetivo reduzir a concentração dos poluentes.

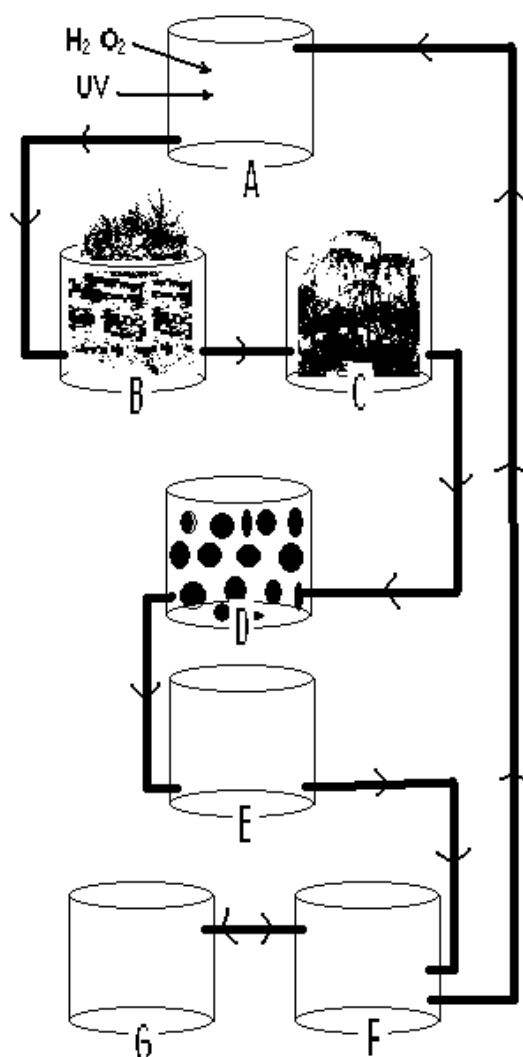


Figura 3.1 – Esquema de montagem do sistema de tratamento de efluentes composto de 7 células

A sequência de tratamento é a seguinte:

- A: célula que recebe o efluente + H_2O_2 + UV (ultra violeta) . Nesta célula o processo de fotoativação do peróxido de hidrogênio gera radicais livres que conseguem diminuir em algumas horas os níveis de concentração de efluentes.
- B: célula aeróbica com cascalho e vegetais

fixadores de nitrato. Nesta célula, o cascalho funciona como um filtro e os vegetais fixadores de nitrato têm a capacidade de absorver elementos presentes no efluente.

- C: célula aeróbica com vegetais aquáticos. Nesta célula os vegetais aquáticos têm a função de absorver elementos presentes no efluente.

- D: célula com carvão ativado. Nesta célula o carvão tem a função de adsorver o restante dos elementos que ainda restarem do efluente.

- E: célula para realização de amostragem.

- F: célula onde esta instalada uma bomba que devolve a água à célula A.

- G: célula que, funciona como “Estabilizador de nível líquido do sistema”.

O procedimento denominado “Living Machine” ou seja uma “Máquina Viva” consiste em uma série dos células de residência com vegetação terrestre e aquática (tal como plantas vivas, árvores, gramas e algas), com animais aquáticos do tipo “koi”, peixes dourados, camarão de água doce, minúsculos caracóis e uma diversidade dos microorganismos e das bactérias. Cada tanque é um ecossistema diferente e projetado para absorver os poluentes de um efluente. O processo dura aproximadamente quatro dias ao ar livre e transforma o efluente em água cristalina. É este produto livre de odor (com a exceção talvez da fragrância doce das flores) que comparado ao tratamento de efluentes convencional, custa menos em termos financeiros e ecológicos.

Um procedimento que vem ganhando importância na última década é a fotoativação do peróxido de hidrogênio com radiação ultravioleta (Processo H_2O_2 /UV).

O processo H_2O_2 /UV mantém as características de elevada compatibilidade ambiental, típicas dos tratamentos convencionais com peróxido. O peróxido de

hidrogênio, ao se decompor, deixa como resíduo apenas água e oxigênio. A radiação ultravioleta, além da conhecida ação microbiocida, tem a capacidade de induzir a decomposição de diversos compostos químicos. Assim, nos processos H_2O_2/UV , não se introduz em contaminantes no meio que está sendo tratado.

Nesta tecnologia, os principais oxidantes no sistema são radicais hidroxila, produzidos por fotólise direta do peróxido de hidrogênio pela radiação UV, de acordo com a reação:



A fotoativação de peróxido de hidrogênio com radiação UV produz radicais livres $OH\cdot$. O radical $OH\cdot$ tem um potencial de oxidação muito maior, se comparado ao do próprio peróxido, e com a vantagem de ser um composto também compatível com o meio ambiente. A combinação de peróxido de hidrogênio e radiação UV pode ser usada para destruir uma larga faixa de compostos orgânicos que podem ser encontrados em efluentes de processos de extração e manufatura metalúrgica.

A união dessas duas tecnologias pode ser usada como um eficaz meio de tratamento de efluentes em um período de tempo inferior a 3 dias.

Devido ao crescimento da população fora das áreas urbanas, a água descentralizada dos sistemas de tratamento de efluentes é reconhecida como componente importante para proteger a saúde pública e a qualidade de água (como visto em VOLOVITZ, J, 2000 e em LIVING DESIGNS GROUP, LCC, 2005). O comunicado da USEPA (US Environmental Protect Agency) sobre uso de sistemas de tratamento de efluentes descentralizados, indica-se que "foi possível controlar adequadamente os sistemas de tratamento de efluentes descentralizados, e são uma opção eficaz e de longo prazo do

custo para objetivos da saúde pública da reunião e da qualidade de água, particularmente em áreas menos povoadas." Nos USA (Estados Unidos da América) e como em todo o mundo, a necessidade encontrar a água nova está tornando-se cada vez mais urgente. As fontes tradicionais são forçadas e freqüentemente inadequadas. Por se tornar a cada dia mais difícil de se obter, as fontes mais abundantes de água nova para o uso e potabilidade é de origem não potável (ou seja, um efluente) tratado em padrões elevados de qualidade. As águas pluviais são coletadas e tratadas e podem também ser uma fonte significativa da água não potável. Tipicamente as comunidades requerem não mais de 5% da água da fonte para uso potável. Inversamente, uma porcentagem muito mais elevada é usada tipicamente para finalidades da irrigação. Usar a água limpa dos sistemas de tratamento e manter o verde do ambiente é um cenário ideal que seja essencial ao projeto ecológico das comunidades, mesmo onde a chuva é abundante, tratar as águas pluviais em ambientes do tipo Charco cria o habitat e paisagens bonitas. Devemos considerar a água como um recurso valioso e que de modo nenhum é inesgotável.

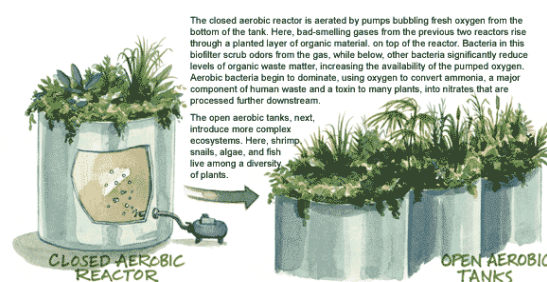


Figura 3.2 - Alguns arranjos de “Living Machines” onde se utilizam reatores aeróbicos fechados e bombeamento forçado de ar.

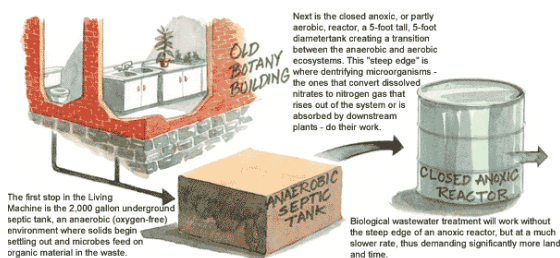


Figura 3.3 - Arranjo de “Living Machines” onde se utilizam reatores anaeróbicos fechados como um primeiro estágio de tratamento de efluentes domésticos.

Basicamente na Produção fotoquímica de radicais livres (como visto em WALLING, C, 1957), as propriedades dos processos fotoquímicos advêm da natureza quântica da radiação eletromagnética e da sua interação com a matéria. Como é bem conhecido, uma dada frequência de luz pode ser emitida ou absorvida em unidades de energia dada pela relação:

$$E = hu$$

onde u é a frequência e h é a constante de Planck, uma relação a qual pode também ser expressa na forma:

$$(2,8579 \times 10^{-8}) / (\text{Comprimento de onda em } \text{\AA}) = E \text{ (cal / mol)}$$

Como consequência, a luz de uma dada frequência pode somente ser absorvida ou emitida por uma molécula se esta puder simultaneamente doar ou receber uma energia igual a hu .

A maioria das substâncias que se dissociam em radicais por meio de aquecimento a temperaturas moderadas, também se dissociam quando absorvem luz ultravioleta.

Um grande número de exemplos do uso dos peróxidos como fotoiniciadores de polimerização tem sido descrito. Não obstante, existe o obstáculo de somente absorverem em comprimentos de ondas menores que 3200 Å, o que o dificulta o seu uso eficiente em equipamentos de vidro comum.

Outras classes de substâncias que prontamente se decompõem em radicais por meio térmico e fotoquímico são os compostos organometálicos tais como o dimetilmercúrio e o tetraetilchumbo.

Aspectos tecnológicos

O equipamento (como visto em TECHNOLOGY DEMONSTRATION SUMMARY, 1993) necessário para a operação consiste de: uma unidade de oxidação, um módulo de alimentação de peróxido de hidrogênio, um módulo de alimentação de ácido, um módulo de alimentação de base, um módulo de geração de luz UV e um painel de controle.

As unidades de oxidação são arranjadas em série, e os módulos de geração de luz UV são montados no interior destas unidades de forma que fiquem envolvidos pelo fluxo de efluentes. Limpadores devem ser montados com o objetivo de remover os sólidos que eventualmente venham a se acumular sobre as unidades de geração de UV. Esses sólidos podem ser produzidos de diversas formas como, por exemplo, resultarem da oxidação e hidrólise de íons metálicos presentes tais como ferro e manganês.

Alguns exemplos

Nos dias de hoje, e nos anos que estão por vir, tanto a água potável quanto a de uso industrial tendem a se tornar um insumo cada vez mais caro. Isto porque sua

demanda cresce a cada ano, e apesar de recurso renovável, suas fontes são finitas. Somente o parque industrial norte americano consome diariamente algo em torno de 10 bilhões de galões de água. Uma parcela significativa deve ter níveis de pureza muito elevados, com impurezas na faixa de ppb. Isto levou ao desenvolvimento de processos para a produção de água ultrapura para utilização na indústria (como visto em PAREKH, B. S, january 1991).

Esses processos (como visto em PAREKH, B. S, january 1991) demandam o uso de métodos químicos, membranas para filtração e ultra-filtração, deionização para osmose reversa, troca iônica, deionização contínua e eletrodialise. Neste caso, após passar por esses métodos, a água deverá cumprir a etapa conhecida como pós-tratamento, visando eliminar contaminantes orgânicos, partículas, bactérias, gases dissolvidos e íons remanecentes na água purificada pela deionização. Nestes casos, utiliza-se o UV para o controle de bactérias, associado ao gás ozônio em conjunção com os métodos de deionização para a remoção de orgânicos. No caso específico do uso do UV para o controle de bactérias, utiliza-se radiação na faixa de 200-300 nanômetros, que provoca modificações no material genético do microorganismo. O comprimento de onda de 260 nm é considerado o mais eficiente. As lâmpadas produzidas comercialmente geram UV na faixa de 254 nm. Analisando-se o efeito da luz UV numa coluna de troca iônica onde circula água contendo 20 ppb de carbono orgânico total, constatou-se que esse teor caiu para níveis de 5-6 ppb.

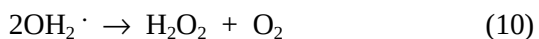
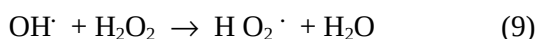
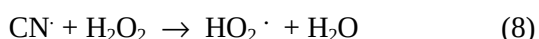
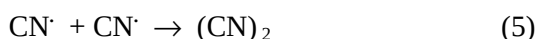
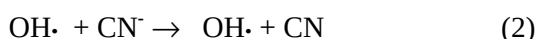
O processo (como visto em TECHNOLOGY DEMONSTRATION SUMMARY, 1993) conhecido “como peroxide pure chemical oxidation technology” foi submetido a um teste com duração de 3 semanas no qual foram tratados 40000

galões de água subterrânea contaminada com compostos orgânicos voláteis (VOC). A área de estudo tinha 10000 pés quadrados. Os compostos orgânicos voláteis eram: tricloroeteno (TCE), e tetracloroeteno (PCE). A água subterrânea contaminada com VOC apresentava níveis de: 1000 g/l de TCE e 100 g/l de PCE. Cartuchos de filtro foram usados para remover sólidos suspensos maiores que 3 um da água subterrânea antes desta entrar no tratamento. A elevada eficiência na remoção de substâncias contaminantes permitiu alcançar os limites impostos pela legislação da Califórnia em níveis de confiança estatística superiores a 95 %.

No processo (visto em MITSUBISHI-GAS-CHEM-CO DEMANDE DE BREVET (DBREV) JP 04/338284, 1991) desenvolvido pela Mitsubishi-Gas-Chem-Co, o peróxido de hidrogênio é adicionado ao efluente aquoso que contém fósforo ou ácido hipofosforoso. A luz UV é irradiada sobre o efluente e converte os contaminantes em ácido fosfórico. Neste processo, 1 litro de efluente contendo Ni com pH=4 contendo 31,2 g/L de ácido hipofosforoso, 29,8 g/L de ácido fosfórico, e 5,1 g/L de íons de Ni. foram tratados com 152,3 ml de H₂O₂ a 35%. A mistura foi aquecida a 25 °C e iluminada com 100 W de lâmpadas UV durante uma hora. Resultou em que as concentrações de ácido hipofosforoso e fosforoso foram reduzidos a menos de 0,1 g/L.

Um estudo recente realizado na PUC-Rio sobre destruição de cianetos pelo uso combinado de peróxido de hidrogênio e luz UV solar (visto em HERMANN, G. R, 1993) mostra que a degradação natural de efluentes em barragens de rejeitos, reforçada com o tratamento químico oxidante, faz aumentar significativamente a velocidade do processo.

Um mecanismo foi apresentado segundo as reações (como visto em JOURNAL OF PHOTOCHEMISTRY, 1987):



Para todas as experiências foram utilizadas soluções sintéticas. Para estudar a taxa de degradação do cianeto livre, todas as experiências partiram de uma mesma concentração inicial de 26 mg/L, de um mesmo volume igual a 3 litros, a 25 °C seguindo um plano fatorial estatístico a dois níveis, para verificar o efeito das variáveis pH, % de H_2O_2 , e comprimento de onda do UV. Os resultados desse estudo podem ser parcialmente ilustrados pelas curvas do íon cianeto $[\text{CN}^-]$ versus tempo, apresentadas na Figura 3.4.

O processo (como visto em AL-EKABI, H, 1990) desenvolvido pela Nulite propõe a degradação de poluentes orgânicos em presença de dióxido de titânio. O reator consiste de uma jaqueta de aço inoxidável contendo uma lâmpada UV que emite luz com comprimento de onda na faixa de 300-

400 nm. Essa lâmpada é montada axialmente dentro da jaqueta. Uma manga fotocatalítica de TiO_2 revestida com uma malha de fibra de vidro é envolvida em torno da lâmpada. A água contaminada, especificamente com 2, 4 - diclorofenol ou nitrobenzeno, foi bombeada através da jaqueta. Ao ser iluminado, o TiO_2 era ativado e catalisava uma reação com água adsorvida formando radicais hidroxila que oxidavam os orgânicos a constituintes atóxicos tais como CO_2 e água. Prevendo a possível desativação do TiO_2 , o H_2O_2 foi adicionado como um receptor de elétrons. Com o peróxido, observou-se a duplicação das taxas de degradação da solução com 10 ppm de 2,4 - DCP, e um aumento de sete vezes a taxa de degradação da solução com 60 ppm de nitrobenzeno.

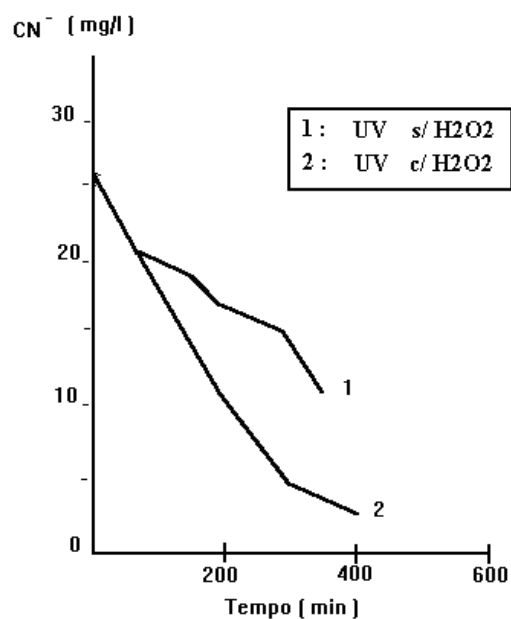


Figura 3.4 - Efeito de UV e H_2O_2 na destruição de CN^- em água, pH=9, T=25 °C.

No processo (como visto em CHEMICAL ENGINEERING (CHENA), 1990) desenvolvido pela Sandia National

Laboratories, o H_2O_2 aumentou as taxas de degradação de orgânicos nos seus reatores fotocatalíticos em escala piloto. Estas unidades eram constituídas de espelhos de rastreamento solar parabólicos e lineares que concentravam a luz solar, e principalmente o UV, para o interior de um tubo de transmissão. Água contendo tricloroetileno (TCE) como poluente e 0,1% de TiO_2 em suspensão, foi bombeada através do tubo. O sistema efetivamente reduziu 5ppm de TCE para 5ppb em 4 minutos a uma vazão de 42 l/min, e 100ppb de TCE foram reduzidos para 5ppb em 3 minutos a uma vazão de 95 l/min.

4. Desenvolvimento, resultados e discussões

O sistema de tratamento de efluentes construído (como visto nas figura 4.1, 4.2 e 4.3) apresenta os seguintes parâmetros de construção:

- um volume total de circulação de 14 litros,
- uma vazão calculada para o sistema de 17,4 litros por hora,
- o efluente utilizado continha 21mg/l de carboidratos e 10mg/l de sódio'
- o material utilizado nas células de residência foi PET
- uma bomba submersa de circulação



Figura 4.1 – Sistema montado apresentando da esquerda para a direita as células F, G, E, D, C, B, A



Figura 4.2 – Célula que apresenta cascalho e vegetais fixadores de nitrato

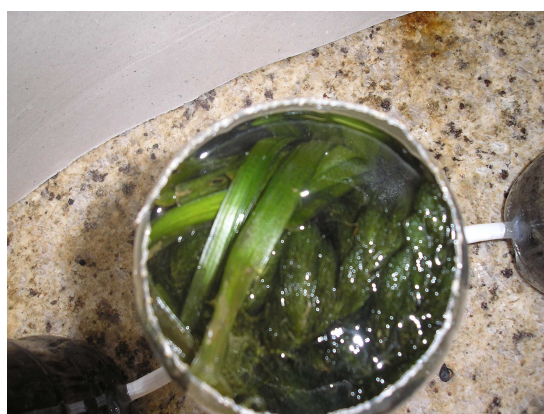


Figura 4.3 – Célula apresentando plantas aquáticas submersas

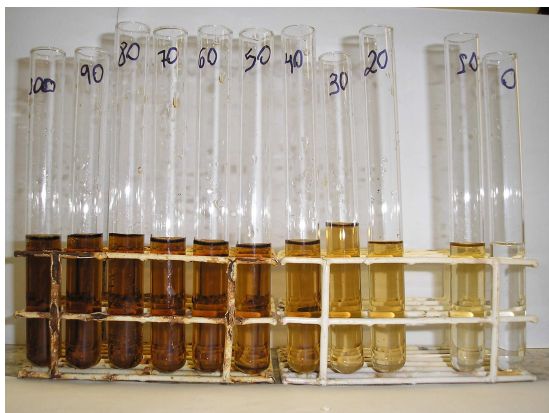


Figura 4.4 – Aspecto visual do efluente no início do experimento (foto superior: efluente não fotoativado, foto inferior: efluente fotoativado)



Figura 4.5 – Aspecto visual do efluente após a primeira hora do experimento (foto superior: efluente não fotoativado, foto inferior: efluente fotoativado)

Após 5 horas de exposição a UV (ultra violeta) da mistura do efluente mas peróxido de hidrogenio foi possível perceber a degradação do efluente (o que pode ser observado nas figuras 4.4, 4.5, 4.6 e 4.7)

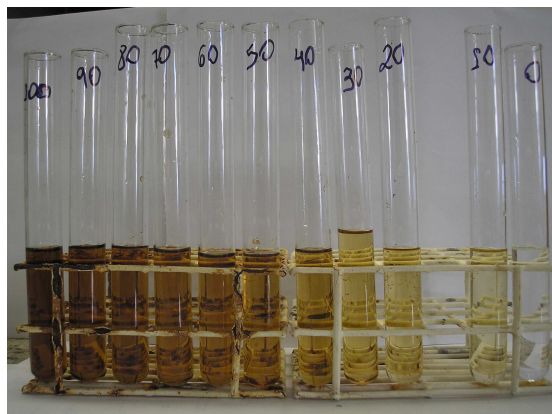


Figura 4.6 – Aspecto visual do efluente após a quinta hora do experimento (foto superior: efluente não fotoativado, foto inferior: efluente fotoativado)

Todo o processo de degradação do efluente após as 5 horas iniciais pode ser acompanhado e seus resultados parametrizados, como pode ser visto nas figuras 4.7 e 4.8

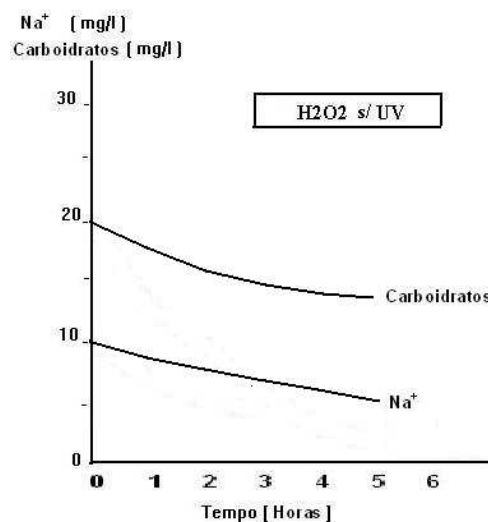


Figura 4.7 – Concentração de efluente x tempo sob a presença de peróxido sem fotoativação

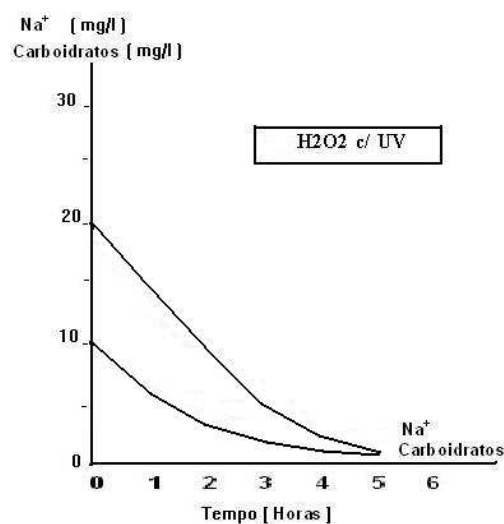


Figura 4.8 – Concentração de efluente x tempo sob a presença de peróxido e com fotoativação

3. Conclusões

No processo desenvolvido e implementado, o H_2O_2 aumentou as taxas de degradação de orgânicos no reator fotocatalítico. Nesta unidade a água contendo Carboidratos e Na^+ como poluente foi dopada com Peróxido de Hidrogênio e exposta a UV por um período de 5 horas. Posteriormente esse efluente já previamente abatido foi colocado no sistema de tratamento, o qual completou o processo de degradação. O sistema efetivamente reduziu em pelo menos 80 % a concentração do efluente estudado após as primeiras 5 horas e em aproximadamente 95% após 24 horas circulando pela central de tratamento a uma taxa de 17, 4 l/hora. O processo se mostra eficiente e tem como principais vantagens o fato de ser ecologicamente compatível (por gerar como subproduto apenas Água e O_2) e também por ser de baixo custo.

Referências

- [1] WALLING, C., Free Radicals in Solution, John Wiley & Sons, Inc., 631p, USA, 1957.
- [2] TECHNOLOGY DEMONSTRATION SUMMARY, Perox-Pure Chemical Oxidation Technology; Peroxidation Systems, Inc.; United States Environmental Protection Agency, Center for Environmental Research Information, EPA/540/SR-93/501, 1993, USA.
- [3] PAREKH, B. S., Get Yours Process Water To Come Clean, Chemical Engineering, McGraw-Hill Publication, p.70-85, January 1991.
- [4] MITSUBISHI-GAS-CHEM-CO DEMANDE DE BREVET (DBREV) JP 04/338284, Treating Wastewater Discharge From Platin Process Comprises Irradiating With UV Light To Convert E. G. Phosphoric Acid, After Adding Hydrogen Peroxide To Solution, 1991, Japão
- [5] HERMANN, G. R.; Destrução de cianetos pelo uso combinado de peróxido de hidrogênio e luz UV solar, Projeto final de graduação, Dep. C. Materiais e Metalurgia PUC-Rio, 45p, 1993, Rio de Janeiro; Brasil
- [6] JOURNAL OF PHOTOCHEMISTRY, Photochemical Reduction of Gold (III) on Semiconductor Dispersions of TiO_2 in the Presence of CN^- Ions: Disposal of CN^- by Treatment with Hydrogen Peroxide, 36 (1987); p373-383, USA
- [7] AL-EKABI, H.; A New Reactor For Photocatalytic of Organics (Esp. Dichlorophenol And Nitrobenzene) In Wastewaters in the Presence of Titanium Dioxide, UV Rays, and Hydrogen Peroxide; Chemical Engineering (CHENA); V 97; NR9, p.17, 1990, USA
- [8] CHEMICAL ENGINEERING (CHENA), Pilotscale Reactor For Photodecomposition of Organic Compounds (E.G. Trichloroethylene) by Catalytic Action of Titanium Dioxide Enhanced By Addition of Hydrogen Peroxide in Presence of UV Rays, v97; NR9, p.17, 1990, USA.
- [9] VOLOVITZ, J ; "The Living Machine" ; <http://www.rps.psu.edu/0009/machine.html> , vol 21, capítulo 3, USA, 2000
- [10] LIVING DESIGNS GROUP, LCC, "Living Designs Group", <http://www.livingmachines.com/> , USA, 2005

Abstract

Water of good quality will be one of the natural resources scarcest in century XXI. This because the demand necessary to supply the species human being grew more than in six times in last the 100 years. The problems of pollution generated by our species had contributed very

and to destroy a great part of the natural sources of good quality. In intention to find options for this crossroads, this project intends as subject to construct a system of treatment of effluent from the creation of one union serie of artificial ecosystems. Specifically this system of treatment of effluent intends to join two effluent technologies of treatment of already existing: The "LIVING MACHINE" and the "photo hydrogen peroxide activation". The union of this two effluent technologies can be used as an efficient one half of treatment of in a period of time the three days or less. Currently technologies of treatment of effluent meet in use diverse with hydrogen peroxide. The abated pollutants are in the majority of the cases, organic, cianeto composites, nitrous and

sulphets, arsenic, oxides. For more satisfactory than they are these processes, practical of use the sample that still exists space to improve operational aspects, as well as extending the specter of pollutants that can be abated. For this the union of the photo technologies activation of peroxide, with the technology of "LIVING MACHINE" can generate a cheap, ecologic compatible system, of easy maintenance (or same free of maintenance), and simple in order to be able to be applied to a residence, industry, quarter, city or same region only varying the scale.

Keywords: *effluent, photo activated, peroxid, living machine.*

Estudo da aplicação de processo Fenton na descoloração de corante reativo

Fabiana V. da Fonseca Araujo¹

Lídia Yokoyama¹

Luiz Alberto Cesar Teixeira²

1 Depto. Processos Inorgânicos – Escola de Química – Universidade Federal do Rio de Janeiro – e-mail: fabivfaraujo@hotmail.com

2 Depto. de Ciência dos Materiais e Metalurgia da PUC-Rio e Solvay – Peróxidos do Brasil Ltda.

Resumo

A presença de corantes reativos nos efluentes têxteis é vista com bastante preocupação devido a sua resistência à biodegradação e ao seu potencial poluidor. Uma alternativa para o tratamento desses corantes é a utilização da reação de Fenton, através da geração de radicais hidroxilas ($\text{HO}\bullet$) que agem degradando essas moléculas. Contudo, sua potenciabilidade para gerar lodo muitas vezes é o fator limitante para a aplicação dessa técnica. Neste trabalho, propõe-se um estudo da degradação do corante reativo Vermelho Drimarex X-6BN através da Reação de Fenton Homogênea e da Reação de Fenton Heterogênea, utilizando hematita (Fe_2O_3) como fonte de ferro. Foi avaliada a capacidade dos sistemas para remoção de cor e geração de lodo. Os processos se mostraram efetivos na degradação deste corante, levando a uma descoloração de até 98%, em condições específicas.

Palavras chave: Reação de Fenton, hematita, corantes, descoloração.

1. Introdução

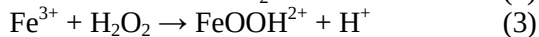
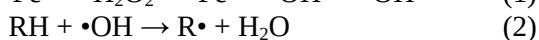
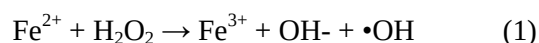
Os corantes reativos são amplamente utilizados nos tingimentos têxteis devido à boa durabilidade da cor e à presença de ligações estáveis com as fibras [1]. Contudo, por apresentarem o grupamento azo ($-\text{N}=\text{N}-$) em sua estrutura, esses corantes costumam ser resistentes ao tratamento biológico, levando a liberação de efluentes altamente coloridos. Este é um dos grandes problemas ambientais enfrentados pela indústria têxtil [2].

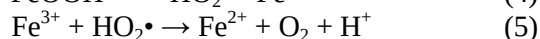
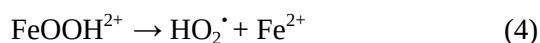
Várias tecnologias vêm sendo desenvolvidas para a redução de corantes têxteis, dentre as quais se destacam os Processos Oxidativos Avançados (POA) (Georgeou et al, 2002, Alaton et al, 2002, Lange et al, 2006) [3-5]. Os POA baseiam-se na geração de radicais hidroxilas ($\text{HO}\bullet$), altamente reativos, capazes de oxidar as

mais complexas estruturas orgânicas, tais como os corantes reativos.

Dentre os POA mais conhecidos, a Reação de Fenton se destaca por ser uma poderosa fonte de radicais hidroxilas $\text{HO}\bullet$, gerados a partir da mistura de sais de ferro e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) [6].

No processo reativo de Fenton, o íon ferroso (Fe^{2+}) inicia e catalisa a decomposição do H_2O_2 , em meio ácido, resultando na geração de radicais hidroxila (reação 1), que agem oxidando a matéria orgânica (reação 2). Íons férricos (Fe^{3+}) também podem reagir com H_2O_2 em uma reação tipo-Fenton (reações 3-5), regenerando íons ferrosos e assim suportando o processo Fenton [7].





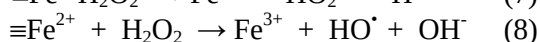
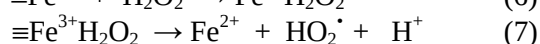
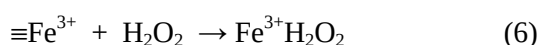
Por ser um sistema de fácil utilização, a reação de Fenton tem encontrado boa aceitação como tecnologia para tratamento de efluentes industriais. Nos processos convencionais, o reator requerido é simples e não pressurizado. Além disso, a reação ocorre a temperaturas baixas, próximas à ambiente, não havendo a necessidade de utilizar nenhum dispositivo complexo no processo, apenas um tanque aberto munido de um agitador [8].

Contudo, uma das principais desvantagens do processo Fenton é que, dependendo da concentração de ferro e do volume de efluente, torna-se obrigatória, uma etapa de separação dos sólidos ao final do tratamento. Esses sólidos são provenientes da precipitação de Fe^{3+} , que agem interrompendo o mecanismo da reação [9]. Além do elevado volume de lodo produzido, pode ocorrer ainda a transferência de impurezas da água para o lodo, criando assim, um subsequente problema ambiental.

Visando minimizar a formação desse lodo, o uso de catalisadores heterogêneos pode apresentar resultados satisfatórios do ponto de vista tecnológico e ambiental.

Alguns autores têm proposto o uso de óxidos de ferro (minérios), tais como goetita, magnetita e hematita, na destruição de compostos orgânicos através da reação de Fenton [10-12]. Esta alternativa pode ser economicamente vantajosa, especialmente no Brasil, um dos principais produtores mundiais desse composto.

Segundo Kwan & Voelker [13] o mecanismo da reação de Fenton heterogêneo envolve a produção de radicais hidroxilas através da reação entre a área superficial do óxido (representada por $\equiv$) e o H_2O_2 (reações 6-8).



Encontram-se na literatura alguns artigos relacionados à combinação de minério de ferro/peróxido de hidrogênio para degradar compostos recalcitrantes, tais como fenóis, compostos clorados orgânicos e solos contaminados com petróleo [14-16]. Contudo, pouco tem sido reportado sobre o potencial desse sistema em gerar lodo, que ainda é o principal inconveniente para o uso Reação de Fenton convencional em escala industrial.

Com base nesta afirmativa, o objetivo principal deste trabalho foi estudar a aplicação da Reação de Fenton heterogênea (catalisada com minério de ferro), visando, porém, a redução na quantidade de lodo produzido. Foi avaliada a capacidade do sistema proposto em degradar soluções aquosas do corante reativo Vermelho Drimarem X-6BN (C.I. Reactive Red 243).

Também foi testada a capacidade de reaproveitamento do catalisador heterogêneo (hematita) em uma nova reação de degradação do corante estudado.

A fim de que se pudesse ter um quadro comparativo, a degradação do corante em estudo também foi avaliada através do processo Fenton homogêneo (catalisado com solução de sulfato ferroso).

O mineral utilizado neste estudo foi a hematita (Fe_2O_3), que é um óxido férrico termodinamicamente estável, muito comumente encontrado nos solos brasileiros.

2. Metodologia

Foram utilizadas soluções sintéticas de concentração 100mg/L do corante reativo Vermelho Drimarem X-6BN (C.I. Ractive Red 243).

Foram testadas, separadamente, como catalisadores da reação de Fenton, soluções com concentrações conhecidas de sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) e hematita (Fe_2O_3), sob forma de pó. As características da hematita utilizada no presente estudo encontram-se na tabela 1.

Os ensaios foram conduzidos em béquer de vidro, contendo 250mL de solução do corante juntamente com o catalisador a ser testado. A reação se iniciava após ajuste de pH com H_2SO_4 (3mol/L) e adição de volumes pré-estabelecidos de peróxido de hidrogênio (50%p/p). A fim de se obterem as melhores condições experimentais, foram avaliadas diferentes concentrações iniciais de H_2O_2 (0-25mM), sulfato ferroso (0-5.0mM/L), hematita (0-20g/L) e pH da reação (2,5; 3,5 e 7,0).

Tabela 1- Características da hematita
Parâmetro

Área BET (m^2/g)	0,85
Granulometria (mm)	0,075
Volume de microporos (cm^3/g)	0,0028
Área de microporos (m^2/g)	0,22
Diâmetro médio de poro (Å)	97,5

Ao final do processo, a reação era interrompida com ajuste de pH para $8,0 \pm 0,5$ com adição de NaOH (3 mol/L). Amostras da solução tratada eram coletadas em intervalos convenientes, filtradas em membrana de $0,45 \mu\text{m}$ (Millipore) e submetidas à análise de cor, DQO e quantidade de lodo produzido.



Figura 2.1- Aparato experimental

Todas as determinações analíticas seguiram os procedimentos e metodologias descritas no Standard Methods (APHA, 1998) [17]. A descoloração da solução foi avaliada por meio de determinações das absorvâncias ($\lambda_{\text{max}} = 516\text{nm}$), utilizando um espectrofotômetro Shimadzu, modelo UV-Mini – 1240.

O aparato experimental utilizado para realização dos ensaios era composto de agitador mecânico, banho termostático e medidor de pH, conforme ilustrado na figura 2.1. As variáveis temperatura ($25 \pm 0,5^\circ\text{C}$), velocidade de agitação (240rpm) e tempo de reação (60min) foram as mesmas em todos os experimentos.

3. Resultados experimentais

A seguir, são apresentados os resultados experimentais obtidos nos Processos Fenton homogêneo e heterogêneo, para tratamento do corante reativo Vermelho Drimarex X-6BN.

A figura 3.1 apresenta a redução da absorvância das soluções de corante tratadas em diferentes condições experimentais para o sistema homogêneo.

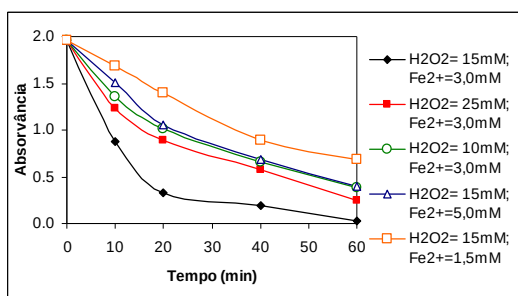


Figura 3.1 – Resultados experimentais para reações homogêneas em pH 3,5.

De acordo com os resultados, a melhor condição foi obtida utilizando $C_0(\text{H}_2\text{O}_2)=15\text{mM}$; $C_0(\text{Fe}^{2+})=3,0\text{mM}$. Nessas condições alcançou-se uma descoloração de aproximadamente 99% em 60 minutos de reação. Para a mesma concentração inicial de H_2O_2 (15mM), porém, com uma quantidade inferior de Fe^{2+} (1,5mM) é possível observar uma redução na eficiência do processo, não atingindo uma descoloração significativa ao final de 60 min. Isso porque, abaixo da concentração ótima de Fe^{2+} (3,0mM), o peróxido em excesso, pode “capturar” radicais hidroxilas ($\text{HO}^\bullet$) para formar um radical hidroperóxido ($\text{HO}_2^\bullet$) que tem menor poder de oxidação. Conclusões similares foram reportadas por Neamtu *et al* [18]. Aumentando a concentração de peróxido de 15 para 25mM e mantendo a concentração ótima de 3,0mM de Fe^{2+} , também é possível verificar uma redução na eficiência da reação. Tal fato também pode estar relacionado ao excesso de H_2O_2 na reação.

O estudo da cinética da reação de Fenton homogênea, em diferentes valores de pH, nas concentrações ótimas de peróxido e sulfato ferroso definidos nos ensaios anteriores, são apresentados na figura 3.2.

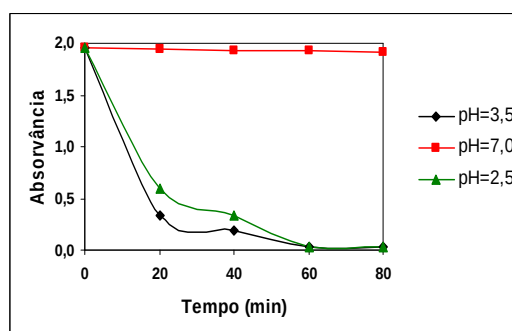


Figura 3.2 – Redução das absorvâncias da solução do corante Vermelho Drimarex X-6BN em função do pH, utilizando $C_0\text{H}_2\text{O}_2=15\text{mM}$ e $C_0\text{Fe}^{2+}=3\text{mM}$.

Observa-se uma redução total da absorvância em 60 min de reação, tanto em pH 2,5 quanto em pH 3,5. Neste caso, optou-se por definir este último como pH ótimo para a reação de Fenton homogênea. Não foi encontrada redução significativa das absorvâncias em pH 7,0. Esse resultado está de acordo com Malik e Saha [19], que relataram que a geração de radicais hidroxilas é favorecida em pH entre 2,5 e 4,5.

A tabela 2 apresenta os valores de remoção de cor e redução da DQO obtidos nos experimentos citados anteriormente com redução de 50% da DQO. De acordo com os resultados, a remoção da DQO não está diretamente ligada à redução da cor das soluções. No ensaio 1, há uma remoção de cor de 64,8% com redução de 44,7% de DQO, já no ensaio 5 o percentual de DQO removida é de apenas 18,7% para uma descoloração de 87,3%. Este fato sugere que a remoção de cor de soluções de corantes reativos está relacionada à quebra do grupamento azo ($-\text{N}=\text{N}-$), não havendo, necessariamente, a mineralização total do corante. No ensaio 5, onde há um excesso de peróxido (25mM), podem estar sendo formados produtos secundários que provavelmente estão contribuindo para a DQO das soluções tratadas.

Tabela 2 - Resultados das análises de remoção da cor e DQO das soluções do corante Vermelho Drimarem X-6BN por processo Fenton .

Ensaio	Processo Fenton Homogêneo	Remoção da Cor (%)	Red. da DQO (%)
1	$C_0(H_2O_2)=15\text{mM}$; $C_0(Fe^{2+})=1,5\text{mM}$	64,8	44,7
2	$C_0(H_2O_2)=15\text{mM}$; $C_0(Fe^{2+})=3,0\text{mM}$	98,1	50,2
3	$C_0(H_2O_2)=15\text{mM}$; $C_0(Fe^{2+})=5,0\text{mM}$	79,0	32,0
4	$C_0(H_2O_2)=10\text{mM}$; $C_0(Fe^{2+})=3,0\text{mM}$	78,0	30,6
5	$C_0(H_2O_2)=25\text{mM}$; $C_0(Fe^{2+})=3,0\text{mM}$	87,3	18,7

A figura 3.3 relaciona a variação das absorvâncias em diferentes condições experimentais para os ensaios utilizando a hematita (Fenton Heterogêneo). Neste caso, decidiu-se avaliar a reação em 120 min, visto que nas primeiras condições testadas, não houve redução significativa das absorvâncias ao final de 60 min.

A partir dos resultados apresentados, é possível definir como condições experimentais mais efetivas as seguintes relações: hematita 10g/L e H_2O_2 25mM e hematita 15g/L e H_2O_2 15mM. Nestes dois casos, após 60 minutos de reação, foi alcançada uma remoção superior a 98%. Segundo Dantas [20], a velocidade de formação do radical hidroxila ($HO\bullet$) depende da concentração de peróxido de hidrogênio, sendo que a etapa controladora pode ser a reação de superfície entre o peróxido adsorvido na superfície do sólido e o óxido de ferro (hematita). A fim de reduzir os custos do processo, optou-se por trabalhar, nos experimentos posteriores, com a concentração inicial de 15g/L de hematita e 15mM de peróxido

Observa-se que, nos dois primeiros ensaios não foi atingida uma remoção de cor significativa em 120 minutos de reação. Tal fato está relacionado à baixa quantidade de hematita na reação (1g/L). Nessa concentração, a quantidade de sítios ativos na superfície do minério é bem reduzida, dificultando assim a difusão do H_2O_2 , e conseqüentemente a produção de radicais hidroxilas pela reação de Fenton.

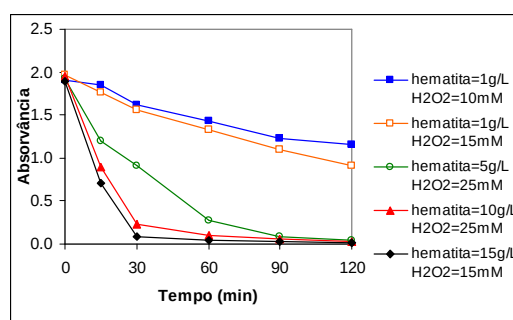


Figura 3.3 – Efeito das reações heterogêneas em pH 2,5, utilizando diferentes concentrações de peróxido e hematita.

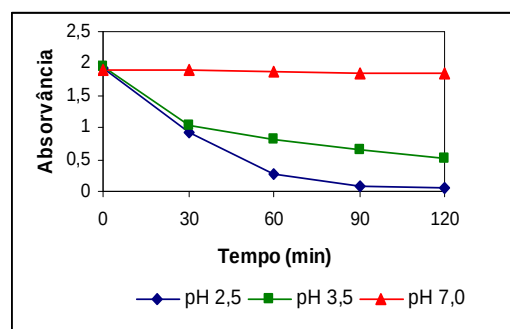


Figura 3.4 – Efeito do pH nas reações heterogêneas. Condições: $C_0H_2O_2$ 15mM, $C_0Hematita$ 15g/L, $C_{corante}$ 100mg/L.

A figura 3.4 apresenta a variação das absorvâncias das soluções em função do tempo de reação em pH 7,0; 3,5 e 2,5. É possível verificar que a degradação do corante decresce com o aumento do pH, sendo observado pelo aumento da absorvância final. O pH 2,5 se mostrou mais

efetivo para as reações heterogêneas com a hematita como catalisador. Não foi observada mudança significativa nas absorvâncias das soluções quando a reação foi realizada em pH 7,0.

Com o objetivo de verificar a remoção de matéria orgânica, foi realizada a análise da DQO da solução tratada utilizando as melhores condições operacionais (H_2O_2 = 15mM; hematita= 15g/L; pH=2,5). Nessas condições houve uma remoção de cor de 98%, em aproximadamente 60 min de reação. Entretanto, foi alcançada uma redução de aproximadamente 56% na DQO das soluções de corante Vermelho Drimarem X-6BN. Assim como no sistema homogêneo, não é possível estabelecer uma relação direta entre o processo de descoloração e a redução da matéria orgânica presente na solução.

A figura 3.5 apresenta uma comparação entre a quantidade de lodo produzido na reação de Fenton com hematita e na reação de Fenton homogênea.

O sistema heterogêneo apresentou como vantagem uma baixíssima produção de lodo, quando comparado com ensaios de descoloração desse mesmo corante utilizando o sistema homogêneo.

A reação com a hematita gerou uma quantidade de lodo aproximadamente 100 vezes menor que a reação de Fenton convencional. Esses resultados sugerem que o uso de minério pode ser uma possível alternativa para minimização do lodo no processo Fenton. A baixa produção de lodo no sistema Fenton heterogêneo está relacionada à mínima presença de ferro dissolvido na solução. Nesse caso, a reação ocorre, predominantemente, na superfície do minério, ao contrário do sistema homogêneo, em que o ferro está dissolvido na solução.

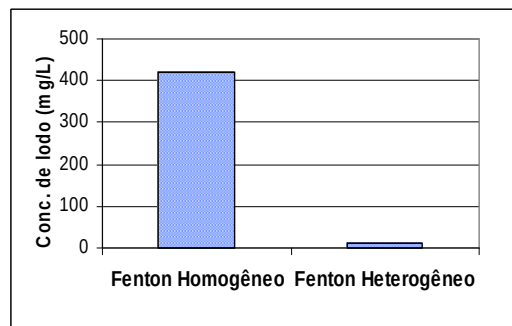


Figura 3.5- Quantidade de lodo gerado nos processos Fenton homogêneo ($[\text{H}_2\text{O}_2]$ = 15mM; $[\text{Fe}^{2+}]$ = 3.0mM; pH= 3,5; tempo de reação= 60min) e Fenton Heterogêneo ($[\text{H}_2\text{O}_2]$ = 15mM; [hematita]= 15g/L; pH= 2,5; tempo de reação= 120min).

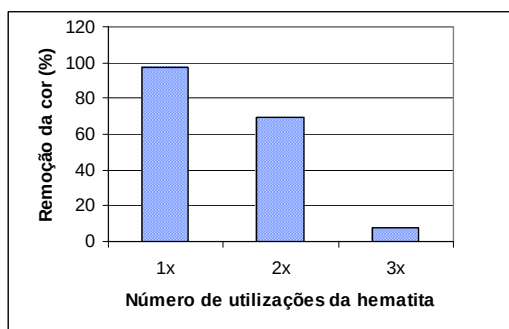


Figura 3.6- Efeito do reaproveitamento da hematita na remoção de cor pelo processo terogêneo ($[\text{H}_2\text{O}_2]$ = 15mM; [hematita]= 15g/L; pH= 2,5; tempo de reação= 120min)

A figura 3.6 avalia a possibilidade de reaproveitamento do minério. À medida que se reutiliza a hematita numa nova reação, a capacidade de descoloração do corante pelo sistema minério/ H_2O_2 é diminuída. Tal fato pode estar relacionado à presença de óxidos na superfície do minério, que “bloqueiam” a difusão do H_2O_2 e conseqüentemente a produção de radicais hidroxilas.

5. Conclusões

Os resultados mostraram que ambos os sistemas, Fenton homogêneo e Fenton heterogêneo, são capazes de remover completamente a coloração de soluções do corante reativo Vermelho Drimarex X-6BN. Os dois processos atingiram remoções superiores a 98% (nas condições ótimas). Embora os sistemas tenham sido efetivos para a descoloração do corante, a remoção da carga orgânica, avaliada pela análise de DQO, não foi totalmente atingida. Ambos os processos conseguiram reduzir pouco mais de 50% da DQO do corante.

Diferentemente do processo homogêneo, a reação de Fenton utilizando hematita como fonte de ferro (heterogêneo) não gerou grande quantidade de lodo, o que viabiliza a aplicação do processo em escala industrial. Contudo, o minério utilizado nas reações não demonstrou potencial reaproveitamento nas reações de degradação do corante estudado.

Referências

- [1] Santos, Jaqueline Dias Dos, “Remoção de corantes reativos de efluentes industriais têxteis utilizando o processo eletrolítico”, Departamento de Ciências dos Materiais e Metalurgia, págs 11-20, PUC, RJ, dissertação de mestrado (2000)
- [2] Souza, C. R. L.de, Peralta-Zamora, P., “Degradação de corantes reativos pelo sistema ferro metálico/peróxido de hidrogênio” Quim. Nova. 2005, 28, 226.
- [3] Georgiou, D. et al, “Degradation of azo reactive dyes by ultraviolet radiation in the presence of hydrogen peroxide”. Dyes and Pigments, 2002, 52, p.69-78, 2002.
- [4] Alaton, I.A., Balcioglu, I.A., Bahnemann, D.W, “Advanced oxidation of a reactive dyebath effluent: comparison of O_3 , H_2O_2 /UV-C and TiO_2 /UV-A processes.” Water Research, 2002, p.1143-1154.
- [5] Lange, L.C.,” Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por processo oxidativo avançado empregando reagente de Fenton.” Engenharia Sanitária e Ambiental. 2006, 11, p.175-186.
- [6] Neyens, E.; Baeyens, J., “A review of classic Fenton’s peroxidation as an advanced oxidation technique.” J Hazard. Mater. 2003, 28, 333.
- [7] García-Montaño, J.; Torrades, F.; García-Hortal, J.A.; Domènech, X.; Peral, J., “Degradation of Procion Red H-E7B reactive dye by coupling a photo-Fenton system with a sequencing batch reactor”. J Hazard. Mater. 2006, B134, 220.
- [8] Guedes, A. M. F. M.; Madeira, L. M. P.; Boaventura, R. A. R.; Costa, C. A. V., “Fenton oxidation of cork cooking wastewater—overall kinetic analysis”. Water Res. 2003, 37, 3061.
- [9] Teel, A.L.; Warberg, C.R.; Atkinson, D.A.; Watts, R.J., “Comparisson of mineral and soluble iron Fenton catalysts for the treatment of trichloroethylene.” Water. Res. 2001, 35, 977
- [10] Andreozzi, R.; D’ Apuzzo, A.; Marotta, R., “Oxidation of aromatic substrates in water/goethite slurry by means of hydrogen peroxide.” Water Res. 2002, 36, p.4691.
- [11] Cuzzola, A.; Bernini, M.; Salvadori, P., “A preliminary study on iron species as heterogeneous catalysts for the degradation of linear alkylbenzene sulphonic acids by H_2O_2 .” Appl. Catal, B. 2002, 36, 231.
- [12] Herrera, F.; Lopez, A.; Mascolo, G.; Albers, A.; Kiwi, J. “Catalytic combustion of Orange II on hematite Surface species responsible for the dye

- degradation.” Appl. Catal., B. 2001, 29, 147.
- [13] Kwan, W.P., Voelker, B.M., “Rates of hydroxyl radical generation and organic compound oxidation in mineral-catalyzed Fenton-like systems.” Environ. Sci. Technol. 2003, 37, 1150-1158.
- [14] Valentine, R. L.; Wang, H. C. A.; J. “Iron oxide surface catalyzed oxidation of quinoline by hydrogen peroxide.” Environ. Eng. 1998. p.124, 31.
- [15] Kong, S.H.; Watts, R. J.; Choi, J.H., “Treatment of petroleum contaminated soils using iron mineral catalyzed hydrogen peroxide.” Chemosphere, 1998, 37, p.1473.
- [16] Lu, M.C., “Oxidation of chlorophenols with hydrogen peroxide in the presence of goethite.” Chemosphere, 2000, 40, p.125
- [17] Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th ed. AWWA. Washington, DC, USA (1998)
- [18] Neamtu, N.; Siminiceanu, I.; Yediler, A.; Kettrup, A., “Kinetics of decolorization and mineralization of reactive azo dyes in aqueous solution by the UV/H₂O₂ oxidation.” Dyes and Pigments, 2002, 53, p.93.
- [19] Malik, P.K., Saha, S.K., “Oxidation of direct dyes with hydrogen peroxide using ferrous ion as catalyst”, Separation and Purification Technology, 2003, 31, p. 241-250.
- [20] Dantas, T.L.P., Mendonca, V.P., José, H.J., Rodrigues, A.E., Moreira, R.F.P., “Treatment of textile wastewater by heterogeneous Fenton process using a new composite Fe₂O₃/carbon.” Chemical Engineering Journal, 2006, 118, p. 77–82.

Abstract

The presence of reactive dyes in the textile wastewaters is seen with concern, because of the resistance to biodegradation and to its polluting potential. An alternative for the treatment of these dyes is the use of the Fenton's reaction, through the generation of hydroxyl radicals (HO•) that they act degrading these molecules. However, its potenciability to generate sludge many times is the limitant factor for the application of this technique. In this work, it is considered, a study of the degradation of reactive dye Drimarene Red X-6BN by Homogeneous and Heterogeneous Fenton's reaction, using hematite (Fe₂O₃) as iron source. It was evaluated the capacity of this system for color removal and generation of sludge. This process had shown effective in the degradation of this dye, leading to a discoloration of up to 98%, in specific conditions.

Keywords: Fenton's reaction, hematite, discoloration, dyes

Remoção de organoclorados da água por *stripping*

Antônio Filipe Falcão de Montalvão

Universidade Iguazu – UNIG – FaCET - RJ
Avenida Abílio Augusto Távora, 2134, Centro, Nova Iguaçu, RJ, Brasil.
E-mail: filipe_montalvao@hotmail.com

Resumo

A aplicação de cloro ou produtos clorados na desinfecção de água gera normalmente subprodutos tais como Trihalometanos. Estes subprodutos são gerados pela oxidação da matéria orgânica pelo cloro. Atualmente existe uma legislação no Brasil, e na maioria dos países, que limita o nível destes contaminantes. Quando a água tratada apresenta valores de THM's acima do limite, tem-se opção de dois processos para redução deste contaminante. O primeiro é preventivo, utilizando-se outro oxidante que não seja um produto com cloro, por exemplo ozônio, e o segundo é corretivo utilizando-se filtro de carvão ativado após a desinfecção. Neste trabalho apresentou-se uma alternativa corretiva utilizando o processo de *stripping* com gás. Testaram-se diferentes configurações com nitrogênio e com ar e concluiu-se que é possível remover THM's da água com esse processo. Verificou-se também que são necessárias grandes quantidades de gás para remoção dos THM's. Compararam-se custos operacionais e verificou-se que o custo do processo de *stripping* com ar é duas vezes maior que o processo tradicional com filtro de carvão ativado. Já no caso do uso do nitrogênio, esse número é em torno de 20, inviabilizando assim o processo. Conclui-se que o investimento com o processo por *stripping* é idêntico ao investimento do processo tradicional.

Palavras chave: organoclorados, trihalometano, tratamento de água, *stripping*.

1. Introdução

A aplicação de cloro ou produtos clorados na desinfecção de água gera normalmente subprodutos clorados tais como Trihalometanos, THM's. A formação de THM's é tanto mais significativa quanto maior for o valor da matéria orgânica contida na água a ser tratada. Uma maneira de evitar a formação de THM's é ter-se um tratamento físico-químico da água eficiente, ou seja, que consiga reduzir o valor da matéria orgânica a níveis insignificantes. Uma segunda maneira de evitar a formação de THM's é a utilização de ozônio como oxidante no lugar do cloro. Quando o processo utiliza ozônio, é necessário adicionar uma pequena quantidade de cloro

após o tratamento com o intuito de proteção da água, já que o ozônio decai a oxigênio com muita facilidade. Se o problema de THM's não puder ser evitado, e pretende-se corrigir ou minimizar o problema removendo-se os THM's dissolvidos na água, recorre-se ao processo atual, que utiliza filtros de carvão ativado após o tratamento com cloro. Uma outra alternativa é a remoção utilizando um processo de *stripping*. Este relatório apresenta uma avaliação experimental realizada no laboratório de Águas e Efluente do CTR, onde se mostram os resultados experimentais obtidos de diversas opções para *stripping* de THM's utilizando gás nitrogênio e ar. Uma comparação econômica entre a tecnologia desenvolvida, por

stripping com gás, com a tecnologia atual que utiliza filtros de carvão ativado foi realizada. A legislação brasileira fixa o valor de 100 ppb como limite em água de consumo. Esse limite tem tendência a decrescer. É de se esperar que nos próximos dois anos este limite seja de 30 ppb, mundialmente.

2. Metodologia

A maior dificuldade em realizar em laboratório testes para remoção de THM's de uma água é a disponibilidade de ter-se amostras de água contaminada com THM's e que esta mantenha sempre as mesmas características físico-químicas. A segunda maior dificuldade foi a de conseguir um laboratório de análises capacitado para realizar este tipo de análise. Outra dificuldade grande foi o custo elevado deste tipo de análise química. Devido a esses obstáculos, determinamos que todos os testes seriam realizados com uma água preparada em nosso laboratório. Definiu-se então que utilizaríamos apenas o clorofórmio como contaminante, já que o clorofórmio é, na maioria dos casos observados, o maior contribuinte dos THM's, da ordem de 80 %. Utilizando-se então o clorofórmio como contaminante monitorado, ficou então mais facilitada a geração de amostras idênticas e obteve-se também uma facilidade maior de encontrar um laboratório para realizar este tipo de análise.

Todas as incertezas das medidas experimentais, estimadas ao longo deste trabalho, foram avaliadas para um grau de confiabilidade de 95,4 %.

2.1 Preparação das amostras

Em todos os testes as amostras foram preparadas com água previamente tratada

com ozônio, não contendo cloro dissolvido. A condutividade da água sempre foi em torno de 70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e pH entre 6.0 a 6.5. O clorofórmio foi adicionado a esta água em concentrações preestabelecidas, compatíveis com as concentrações normalmente observadas em água industrial. Após a adição o recipiente foi bem agitado, garantindo assim uma distribuição uniforme do clorofórmio dissolvido. Imediatamente antes de cada teste era coletada uma amostra dessa água para avaliar a quantidade de clorofórmio dissolvido na água. A quantidade de clorofórmio normalmente encontrada numa água tratada que atenda à legislação é inferior a 100 mg/L, mas valores da ordem de 400 mg/L podem ser facilmente encontrados em águas tratadas. A preparação das amostras levaram em consideração essa faixa de valores.

2.2 Análises de Clorofórmio

Foram utilizadas duas técnicas diferentes para determinação das amostras contaminadas com clorofórmio. Utilizou-se a técnica de extração líquido - líquido quando se tratava de amostras com concentração de clorofórmio acima das concentrações normalmente encontradas e permitidas pela legislação brasileira em água potável. Para concentrações menores utilizou-se a técnica por separação e quantificação por Cromatografia Gasosa com detetor de captura de elétrons. Essas análises foram da responsabilidade do laboratório de Química Analítica da Universidade Federal Fluminense do Rio de Janeiro.

2.3 Procedimento dos testes experimentais

Os testes experimentais foram conduzidos utilizando cinco técnicas de *stripping* diferentes. Isto foi realizado

devido às dificuldades de remoção de clorofórmio encontradas durante a realização dos testes.

Na primeira configuração, caso 1, utilizou-se uma coluna de acrílico com 1.7 metros de altura contendo 11 litros de amostra. Gás nitrogênio foi borbulhado na parte inferior da coluna através de um disco poroso de aço Inox. A figura 1 mostra um desenho esquemático dessa configuração. Diversos testes foram realizados atendendo a vazões de nitrogênio entre 0.30 e 0.60 kg/h. Amostras da água para análise e posterior avaliação do processo eram retiradas da parte central da coluna ao longo do período do teste.

Na segunda configuração, caso 2, utilizou-se um reservatório de 50 litros de água, uma bomba de água e um Venturi especialmente projetado para este fim. A figura 2 mostra um desenho esquemático dessa configuração. A amostra era bombeada do reservatório atravessando Venturi e após descartada para a atmosfera. O gás nitrogênio era injetado a montante do Venturi. A função do Venturi era de

promover uma boa dispersão do gás na amostra. Os testes foram realizados para vazões de líquido entre 1.5 e 2.5 m³/h e vazão de gás entre 0.30 e 5 kg/h. Amostras da água para análise e posterior avaliação do processo eram retiradas a montante e jusante do Venturi.

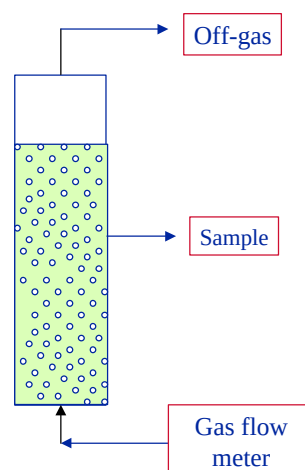


Figura 1 – Coluna de borbulhamento de gás

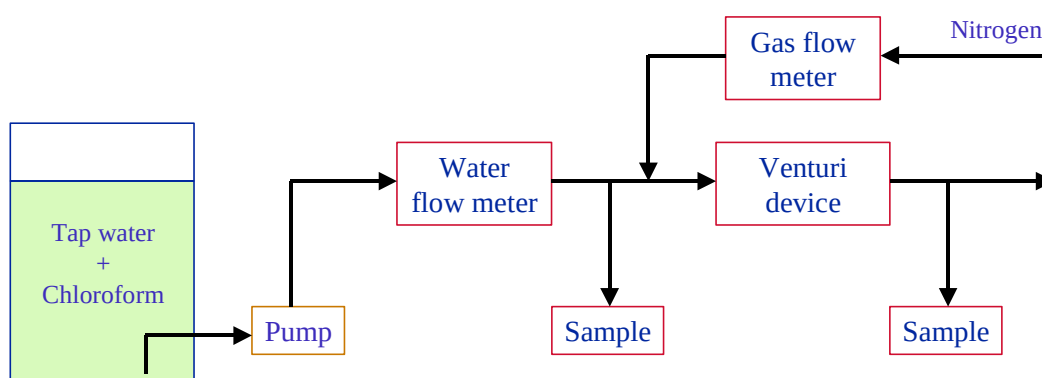


Figura 2 – Sistema de Venturi com injeção de nitrogênio

Na terceira configuração, caso 3, idêntica à segunda, utilizou-se o mesmo reservatório de 50 litros de água, a mesma bomba de água e um Venturi especialmente projetado para provocar cavitação na restrição do mesmo. O processo de remoção de gases dissolvidos por cavitação mostrou-se muito interessante do ponto de vista econômico. Pretendeu-se então utilizar a mesma técnica para remoção de clorofórmio. A figura 3 mostra um desenho esquemático desta

configuração. A amostra era bombeada do reservatório atravessando Venturi e retornando para o reservatório, fazendo com que o sistema funcione em circuito fechado. Os testes foram realizados para vazões de líquido entre 1.5 e 2.5 m³/h. Não se utilizou gás neste processo. Amostras da água para análise e posterior avaliação do processo eram retiradas a jusante do Venturi.

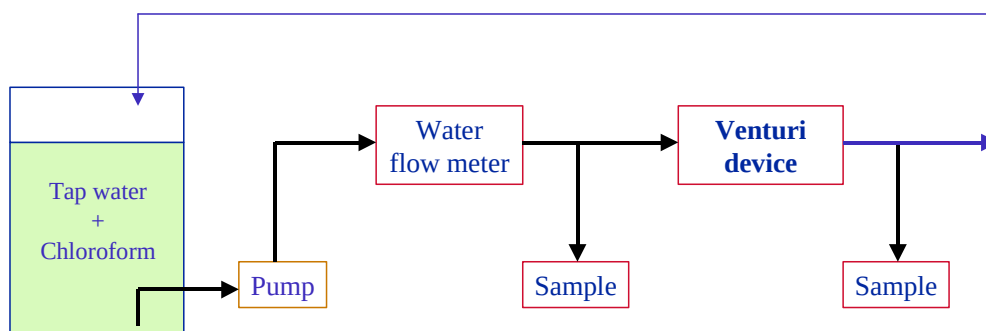


Figura 3 – Sistema de Venturi em condições de cavitação

Na quarta configuração, caso 4, utilizou-se uma coluna de acrílico com 1.7 metros de altura contendo 11 litros de amostra, uma bomba de água de recirculação e um injetor com capacidade de succionar parte do nitrogênio remanescente da aplicação. A figura 4 mostra um desenho esquemático desta configuração. A idéia era de recuperar parte do nitrogênio aplicado para reduzir os custos relativos ao gás. A vazão da bomba de recirculação era 3 m³/h. A vazão de nitrogênio era de 1 kg/h. 50 % deste valor era nitrogênio recuperado. Amostras da água para análise e posterior avaliação do processo eram retiradas da parte central da coluna ao longo do período do teste.

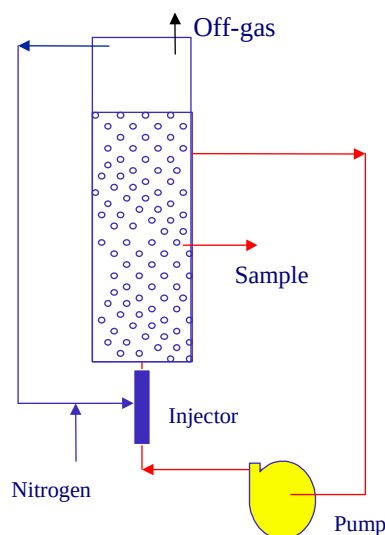


Figura 4 – Coluna de borbulhamento com recuperação de nitrogênio

Na quinta configuração, caso 5, idêntica à quarta, utilizou-se a mesma coluna de acrílico com 1.7 metros de altura contendo 11 litros de amostra, uma bomba de água de recirculação e um injetor com capacidade de succionar ar ambiente. A figura 4 mostra um desenho esquemático dessa configuração. A idéia era reduzir ao máximo os custo com gás. A vazão da bomba de recirculação era de 3 m³/h. A vazão de ar era de 1 kg/h. Amostras da água para análise e posterior avaliação do processo eram retiradas da parte central da coluna ao longo do período do teste.

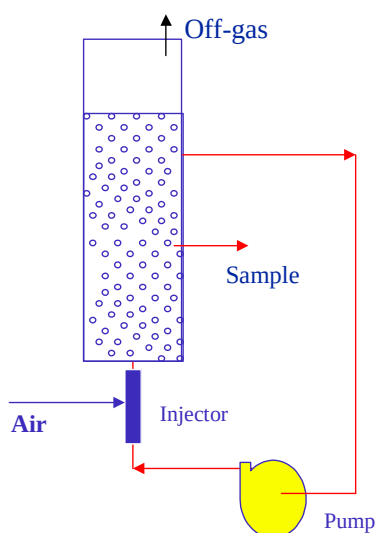


Figura 5 – Coluna de borbulhamento com injeção de ar

Na medida de vazão de gás utilizou-se um rotâmetro da Marca Brooks, previamente calibrado. Estimou-se uma incerteza da ordem de 7 % nesta medida

Nos casos em que se utilizou bomba de água, estimou-se o consumo de energia. Mediu-se a vazão de água, e o diferencial de pressão da bomba. Com esses valores e utilizando a curva de eficiência do fabricante da bomba, determinou-se o consumo de

energia. Estimou-se uma incerteza inferior a 5 % nessa medida.

3. Resultados experimentais

Os resultados experimentais de remoção de clorofórmio utilizando as cinco configurações descritas estão reunidos no gráfico da figura 6. No eixo das abscissas tem-se o consumo necessário de nitrogênio por unidade de volume de amostras para remover uma certa quantidade de clorofórmio. No eixo das ordenadas tem-se a quantidade de clorofórmio dissolvido em ppb. A escala deste eixo é logarítmica e na base 10.

Os valores apresentados para o caso 1 são os resultados dos testes realizados com a coluna de borbulhamento utilizando um disco poroso. Neste caso foram realizados testes para duas concentrações iniciais diferentes. Utilizou-se um valor inicial baixo no primeiro teste, em torno de 100 ppb e um valor equivalente a super dosagem no segundo teste, 100000 ppb. Esses dois testes tiveram como objetivo medir a quantidade de nitrogênio necessário para remoção do clorofórmio e também de avaliar se a quantidade inicial de clorofórmio interferia na cinética do processo. Comparando-se as duas curvas verifica-se que elas têm o mesmo ângulo de inclinação, podendo-se assim afirmar que a cinética de remoção de clorofórmio neste processo se comportou de maneira idêntica. Observando-se os resultados do teste com baixo clorofórmio inicial, verifica-se que para reduzir 1 log de concentração foram necessários 20 kg de nitrogênio por m³ de água contaminada, ou seja para reduzir o valor de 100 ppb para 10 ppb seriam necessários 20 kg/ m³ de nitrogênio.

Os valores apresentados para os casos 2, 4 e 5 foram idênticos. Nesses casos procurou-se manter a mesma concentração inicial em cada teste, em torno de 300 ppb.

Verifica-se que, em qualquer um deles, o resultado foi idêntico. Apesar de se mudar a configuração e o tipo de gás, os resultados obtidos foram os mesmos. Comparando-se a curva representativa destes experimentos com a do caso 1, verifica-se que elas têm a mesmo ângulo de inclinação, podendo-se assim afirmar que a cinética de remoção de clorofórmio nestes processos se comportou de maneira idêntica à do caso 1.

Conforme pode ser observado na figura, os resultados obtidos utilizando a configuração 3, caso 3, onde não se empregou qualquer tipo de gás, apenas a tecnologia de cavitação, não foram satisfatórios. Não houve remoção alguma de clorofórmio neste caso.

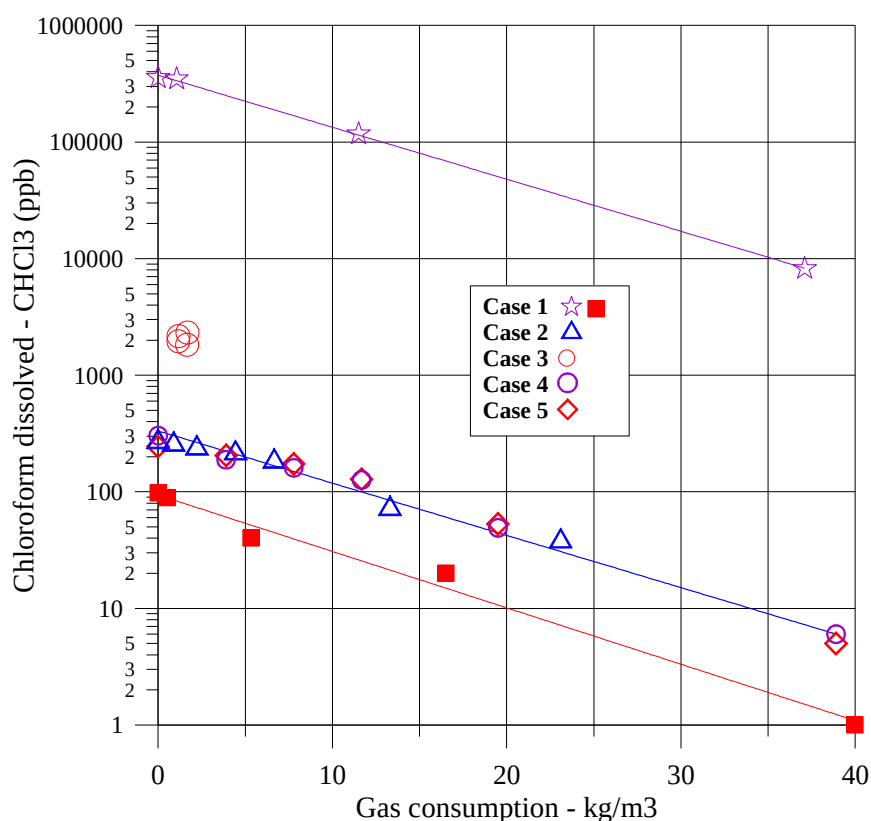


Figura 6 – resultados experimentais de redução de Chloroform dissolvido

A equação seguinte foi ajustada para reproduzir os resultados obtidos. Ela é válida para o caso em que a remoção de clorofórmio é realizada por stripping com gás.

$$C = C_i \cdot 10^{-k \cdot G}$$

onde $k = 0,04$ é constante do processo ajustada por mínimos quadrados, G , é a massa de gás por unidade de volume de líquido [kg/m^3], C é a concentração de

clorofórmio ao fim da aplicação de G gás, $[\mu\text{g/L}]$ e C_i é a concentração inicial de clorofórmio, $[\mu\text{g/L}]$

4. Aspectos econômicos

Uma avaliação de custos operacionais foi realizada comparando-se os processos estudados nesta pesquisa com os processos tradicionais que utilizam filtros de carvão ativo.

Considerando-se uma redução de clorofórmio de 300 para 100 ppb, o custo do nitrogênio de US\$ 0,14/kg e o custo de energia de US\$ 0,05/kWh. Estimaram-se os custos de cada processo. Assim para o caso 1, coluna de borbulhamento, obteve-se um custo operacional de US\$ 1,67, por m^3 de água tratada. No caso 2, utilizando um Venturi, obteve-se US\$ 1,77 por m^3 de água. No caso 4, utilizando-se um injetor com recuperação de nitrogênio, obteve-se US\$ 0,93 por m^3 de água. No caso 5, utilizando-se um injetor com ar, obteve-se US\$ 0,09 por m^3 de água.

Para o caso tradicional, processo com carvão ativado, são necessários 60 kg de carvão por m^3/h de vazão de água a tratada. O custo deste carvão é atualmente US\$ 3,00 /kg e tem uma vida útil de 2 anos aproximadamente. A retrolavagem de um filtro deste tipo consome uma potência de 75 W por m^3/h de água. O volume de água usualmente utilizada na retrolavagem é 1 % do volume de água tratada. Então para o caso de uma estação de tratamento de água, custo da operação é US\$ 0,05 por m^3 de água tratada.

5. Comentários finais

É possível remover THM's da água pelo processo de stripping com gás, nomeadamente ar e nitrogênio, mas

observou-se que uma grande quantidade de gás é necessária.

A tecnologia de cavitação, utilizada para stripping de gases dissolvidos, não funcionou para o caso de stripping de THM's.

Comparando processo de stripping com gás com as tecnologias existentes não houve nenhum ganho no custo de investimento.

O custo operacional estimado do processo de stripping com ar foi 2 vezes maior quando comparado ao custo operacional utilizando a tecnologia atual com carvão ativado.

Referências

- [1] MONTALVÃO, A.F.F., “Avaliação experimental do coeficiente de transferência de massa num escoamento bifásico de gás e líquido utilizando-se um misturador supersônico”, tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Maio de 1996.
- [2] METCALF AND EDDY, Inc – Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse. Editora McGraw Hill, 3ª edição, 2000.
- [3] MONTALVÃO, A. F. F. – Saneamento básico, curso de Engenharia Civil, editado pelo professor Montalvão, 2005.
- [4] ISAM MOHAMMED ABDEL-MAGID, ABDEL-WAHID HAGO MOHAMMED AND DONALD R. ROWE, MODELING Methods for Environmental Engineers, Lewis, 1997.
- [5] HOLMAN, J. P., Experimental Methods for Engineers, McGraw-Hill, 1966
- [6] WELTY, James R., Wicks, Charles E., Wilson, Robert E. “Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer” Third edition, 1983

Abstract

The application of chlorine or of chlorine products in water disinfection normally creates by-products such as Trihalomethanes. These by-products are created by the oxidation of organic matter by chlorine. Nowadays there is a legislation in Brazil, and in most countries, that limits the level of these contaminants. When the treated water presents THM values above the limit, there is an option of two processes to reduce the contamination. The first is preventive, using another oxidising agent which is not a product with chlorine, for example ozone, and the second is corrective using an activated charcoal filter after the disinfection. In this work, an alternative corrective method is presented using the process of gas stripping.

Different equipment was tested with nitrogen and with air and it was concluded that it is possible to remove THM's from water with this process. It was shown that large quantities of gas are necessary for the removal of THM's. . It is concluded that investment cost in the process of stripping is identical in to investment cost in the traditional process. Operational costs were compared and it was shown that the cost of air stripping is twice as large as the traditional process with an activated charcoal filter. While in the case of nitrogen it is around twenty times as large, thereby making the process unfeasible.

Keywords: *chlorine, chlorine by-products, Trihalomethanes, Trihalomethanes removal, water treatment.*

Desafios da Introdução das Reforma e Modernização no Estado do Rio de Janeiro

Francisco Antônio Caldas de Andrade Pinto

*Universidade Iguazu, UNIG
Faculdade de Ciências e Tecnologia, FACET/UNIG
Doutorando em Administração pela FGV/EBAPE
Praia de Botafogo, 190 - 3º, 4º e 5º andares
CEP 22253-900 Rio de Janeiro, RJ, Brasil
E-mail: fandrade@fgvmail.br*

RESUMO

Este artigo apresenta, de forma sucinta, uma análise dos desafios de implantação de melhorias na gestão pública no Estado do Rio de Janeiro, através de reformas estruturais, ou de modernização da gestão administrativa, procurando vir ao encontro do mais forte vetor direcionador de eficiência na administração pública, adequando o Estado a uma visão moderna de administração pública.

Palavras-Chave: modernização, reforma, gestão pública, administração pública

1. Introdução

Os entes estaduais da federação brasileira vêm, desde meados da década de 90, procurando empreender esforços na forma de aprimorar a organização e administrar a dimensão do alcance de seus atos públicos, melhor observando o contorno do Estado nas sociedades nas quais se inserem, corrigindo suas falhas e aprimorando a cidadania. Neste ensejo, as reformas de gestão e modernização pública podem ser entendidas como o mais forte vetor direcionador de eficiência na administração pública, ou mesmo como a segunda maior onda de reformas administrativas relevantes do estado moderno ¹ (Pereira 2006) que reorienta a gestão com vistas a seus resultados e impactos, combinando a crescente elevação por parte da sociedade,

com relação à baixa capacidade do Estado em atender a essas demandas. Destarte destacar que, ao longo de diversos ciclos, reformas de administração no Estado Brasileiro estiveram presentes nas agendas políticas de diversos governos, ora caracterizando-se as mesmas por avanços, ora em sentido contrário, caracterizando-se por recuos, sejam por ondas flexibilizadoras, sejam seguidas por ciclos centralizadores (Cavalcanti e Peci, 2006).

Ao encontro das necessidades de reformar e modernizar, se enquadra o crescente espaço de agenda notadamente econômica que vem sendo ocupado nos Estados e as irreversíveis conseqüências protagonizadas em seus equilíbrios orçamentários. Dessa forma, as inerentes medidas de ajustes fiscais tão necessárias às consecuições dessas metas podem ser complementadas por “ajustes” de Gestão, ou seja, enquanto a primeira contempla o gasto público, adequando-o ao orçamento e à

¹ A primeira onda foi a reforma ocorrida por ocasião da transição do Estado Patrimonialista-Absolutista, para o Estado Burocrático-Republicano, ver (Pereira 2006)

liquidação da despesa, a segunda procura agir estruturalmente na origem da formação do desequilíbrio.

Os Estados e Municípios, ao contrário, da Administração Federal, deveriam estar profundamente comprometidos com o que há de melhor na gestão pública, uma vez que dedicam parte intensa, na linha de frente de suas atividades, a prestar serviço diretamente ao cidadão-cliente, concentrados prioritariamente nas áreas de segurança, saúde e educação. O Estado do Rio de Janeiro, dessa forma, não tem como não estar atento a todo esse contexto. A necessidade de melhores práticas administrativas, aliadas a uma promoção nos níveis de desempenho dos serviços públicos prestados, deveria ser o foco principal do gestor público.

2. Rio de Janeiro – visão inicial

O Rio de Janeiro, segunda economia do Brasil, detém 16,5% do PIB nacional. Estado com a maior densidade demográfica (328 hab./km²), formado por 92 municípios, reunidos em 8 Regiões de Planejamento de Governo, mostra forte desequilíbrio econômico entre o interior e a Região Metropolitana, sendo que esta última, com apenas 12,15% da área total do estado, é responsável por 90,26% do ICMS arrecadado (Cide 2006).

Em uma análise do período compreendido entre 1999 e 2002, pode-se inferir um PIB do Estado com desempenho de crescimento apenas regular, inferior à média nacional e comparativamente a outras unidades da federação brasileira, sendo esse desenvolvimento devido, em grande parte, ao crescimento da produção de petróleo e, por certo, às reformas constitucionais que permitiram a presença de capitais privados nas áreas de petróleo, energia, telecomunicações e gás por ocasião do programa de descentralização do governo do

Estado empreendido no final dos anos 90.

O IDH do estado é de 0,80, comparado aos de 0,79, na Região Sudeste, e de 0,76, no Brasil.

Quanto aos preceitos de gestão, o Rio de Janeiro, embora tenham acrescido suas fontes de receita, notadamente devido à inclusão de novos tributos ou a alteração de alíquotas de tributos existentes, continua imerso em problemas de natureza fiscal, com elevados valores dispostos em despesas correntes e de pessoal e espremido espaço para investimento, o que somente reforça o foco de atenção constante à responsabilidade fiscal, pilar mestre, dentro da agenda reformista-modernizadora, que acaba por evidenciar na essência de seu desequilíbrio a necessidade de revisão do papel econômico desempenhado pelo Estado.

3. Rio de Janeiro, o que reformar e modernizar

A pergunta que inicialmente se insere é : o que efetivamente cabe aos governos estaduais no desenho federativo brasileiro ? A resposta a essa pergunta encabeçaria as prioridades públicas de atuação. O denominador comum, entretanto, é a de levar a cabo uma série de sofisticadas tarefas de administração pública ante a lentidão ou ausência de resultados de uma gestão pública efetiva. Nessa busca, o Estado pode permear reformas com natureza mais estruturais ou promover modernizações incrementais de sua Administração. O que aqui se questiona, no entanto, é se será possível assegurar, uma melhor performance de Estado sem que seja assegurada uma transformação mais profunda de suas estruturas. O Estado do Rio de Janeiro, somente poderá amenizar o ambiente fiscal e de gestão pública se ações de modernização da gestão e implementações de reformas extensas forem efetivamente implementadas.

3.1 - A Agenda de Modernização

O âmbito da gestão de modernização pode contemplar um conjunto de ações que efetivamente possam pautar uma real redução da despesa geral e o devido incremento de receita. A preocupação com a efetividade das políticas públicas orientadas a implantação de gestão por resultados, melhorando os serviços para prestação de serviços públicos, oferecendo melhores condições aos cidadãos de avaliar as políticas públicas, são as principais orientadoras das ações de modernização em governos estaduais (Abrucio e Gaetani, 2006). É necessário, portanto, consolidar um conjunto de grandes escolhas que orientem a construção sustentável do futuro do estado em um horizonte de longo prazo, confeccionados em materiais flexíveis que possibilitem a ampliação dos deslocamentos.

Essas ações devem contemplar diversos temas como os mostrados a seguir.

3.1.1 - Governo Eletrônico e a Implementação de sistemas de TI de apoio à gestão

Por governo eletrônico é compreendido de forma extensa a política pública de estratégia de planejamento, programas e projetos de ações, desde a aplicação de Tecnologia da Informação (TI) à gestão administrativa. Quando aplicada intensivamente nos processos de trabalho, estruturas e formas de relacionamento externas (cidadão, fornecedores e clientes) e internas (servidor, público, áreas de governos, prestadores de serviço,...) à administração pública, permite acelerar processos de gestão de forma confiável, aprofundar rotinas de controle e oferecer mais transparência nas relações internas e externas.

No ambiente do Estado, o conceito de

governo eletrônico permanece mais restrito ao fornecimento de serviços em mídia eletrônica² a que, atualmente grande parte dos esforços, recursos e atenção política são devotados. Essa área envolve o fornecimento de serviços de utilidade pública para o contribuinte, assim como o relacionamento Governo-Empresa, usando as tecnologias da informação e comunicação como fomentadoras para tal.



Figura 1 – As quatro facetas do governo eletrônico

3.1.2 - Compras Governamentais

Comprar bem é requisito fundamental para a boa gestão. Implementar um modelo de gestão orientado a resultados, com objetivo de melhorar a prestação de serviços básicos como saúde educação e segurança, significa implementar um novo padrão na gestão das compras e suprimentos de bem e serviços.

Em *latu sensu*, o sistema de compras governamentais pode ser entendido como o procedimento formal mediante o qual órgãos

² O conceito mais amplo envolve Democracia Eletrônica (*e-democracy*) e *E-governance*, além do fornecimento de serviços eletrônicos, ver http://www.ebape.fgv.br/e_government/asp/dsp_oqueue.asp

do governo obtêm mercadorias e serviços, inclusive serviços de construção ou obras públicas, também compreendendo todas as funções pertinentes à aquisição de quaisquer mercadorias e à contratação de serviços ou de serviços de construção, inclusive a descrição de requisitos, a seleção e solicitação de fornecedores, a avaliação das ofertas, a preparação e adjudicação do contrato, a solução de controvérsias e reclamações e todas as fases da administração de um contrato.

A atividade de gestão de suprimento dispõe, diferenciadamente de outras atividades, de uma extraordinária oportunidade de redução de custos em curto prazo, além da melhoria da qualificação de materiais e serviços adquiridos. Neste ensejo, Santana, Tescarolo e Coelho (2006) propõem que as ações, para melhor eficácia, devem ser subdivididas em quatro partes: planejamento das aquisições, execução da contratação (certame licitatório), recebimento dos materiais e serviços e avaliação de fornecedores e contratos. O processo de aquisição como um todo é um dos insumos que se deve apoiar intensivamente nas ferramentas de TI em conjunto com a governança eletrônica.

3.1.3 - Carreira de Gestor Público

No âmbito de uma estratégia de planejamento de Recursos Humanos, adota-se como diretriz o fortalecimento do núcleo estratégico de ação, composto pelas carreiras que desempenham as ações mais essenciais e de característica eminentemente de Estado e que pudessem ter assegurada a sua inserção na Administração Pública, nas atividades de formulação, implementação e avaliação de políticas públicas e de aperfeiçoamento do aparelho do Estado. Assegura-se, assim, o retorno dos expressivos investimentos e esforços realizados na matéria e a eficácia das

políticas gerais de capacitação de recursos humanos, especialmente por meio da constituição ou consolidação de carreiras ou corpos específicos inseridos nos escalões superiores das respectivas administrações centrais e unidades descentralizadas.

Se, permanece premente a necessidade de reformas e de modernização como já comentado, e as mesmas têm enfatizado a necessidade de flexibilizar-se a administração pública, é fundamental sempre contemplar em ações paralelas a necessidade de assegurar-se a coordenação e a capacidade de gestão, o que, se indevidamente desenhado, pode acabar por comprometer seus resultados, numa demonstração de que o problema não encontrou ainda alternativa viável para sua solução, Santos e Cardoso (2001) senão a qualificação dos quadros do serviço público conforme as óticas discutidas no parágrafo anterior.

A carreira profissional de gestor público, portanto, se faz fundamental para o surgimento de um quadro de servidores estável, com competências administrativas e gerenciais, capacitado para implementar as políticas públicas diretoras de estado, em contraponto às ações imediatas de governo, oferecendo forte limite à implementação dessas ações a partir de servidores comissionados, em geral, com natureza transitória pelo Estado.

3.1.4-Descentralização e Desconcentração

A definição, nesse tópico, contempla toda e qualquer possível ação de esvaziamento de atividades que não precisam ser levadas a cabo por governos que não sejam os locais. Em outras palavras, toda a ação pública que possa ser descentralizada para os entes municipais nacionais acaba por ter mais ressonância junto ao cliente-cidadão.

Ao longo dos últimos tempos, foram

aprofundadas as vinculações constitucionais de dotações orçamentárias nas áreas de saúde e educação que encaminham à gestão dos Municípios verbas arrecadadas por competência da união ou dos estados, sem que, contudo, fossem acompanhadas por medidas de avaliação de resultados e seus respectivos impactos, não obstante, no caminho da descentralização, o envidar de esforços nesse sentido sugere também que convênios outros que possam ser firmados e que descentralizem ações de gestão pública e investimentos podem e devem ser implementados.

3.1.5 - Implementação de mecanismos voltados à gestão por resultados

A nova gestão deve sempre procurar mensurar o desempenho alcançado por seus gestores e avaliar o alcance do impacto de seus resultados. Não é possível mais dissociar a ação de um gestor do resultado que essa ação pode promover. Além dos instrumentos de acompanhamento, via cronograma, de um projeto, deve ser apensado, adicionalmente, um conjunto de metas a serem perseguidas e seus respectivos resultados associados e finalmente o impacto promovido.

O orçamento público, como instrumento para alocação e fluxo de recursos, pode ser a ferramenta útil para a gestão por resultados ao permitir, por meio de sua execução, a avaliação dos resultados alcançados e utilizada como principal incentivo à gestão, alocando mais recursos às intervenções com êxito e restringindo àquelas de menor êxito.

3.2 - A Agenda de Reformas

O processo de reforma pode ser definido como os esforços que têm por fito induzir mudanças fundamentais nos sistemas de administração pública, através de (re)forma de todo o sistema ou, de pelo menos, das

medidas que visem à melhoria de um ou mais de seus elementos-chave, como estruturas administrativas, processos e pessoal, (Spink 2006).

Conforme já mencionado, a agenda da questão fiscal é o vetor impulsionador da visão reformista que, em síntese, é mais profunda e de maior dificuldade que as ações de modernização, ao aludirem ações mais intensas pressionando o arcabouço jurisdicional existente, implicando setores que ao fim da reforma, podem perder participação no processo, tornando toda essa ação um conjunto de difícil implementação.

O quadro da figura 2, melhor sintetiza os principais pontos envolvidos em uma reforma.

3.2.1 - Estabelecimento de Parcerias Público-Privadas (PPP)

As parcerias, público-privadas, representam um aprimoramento do modelo contratual da Administração Pública, ao correlacionar a escassez orçamentária para investimentos estatais com a crescente demanda por serviços e produtos cada vez mais especializados (Athaide, Gusmão e Silva 2006). Estender ações de gestão que não necessariamente precisem ser operadas pelo Estado a parceiros privados, não somente mantém a orientação à eficiência dada pelo mercado, como direciona investimentos em modernização e expansão das áreas concessionadas.

Foi recentemente aprovado pela Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro o projeto diretor das Parcerias Público Privadas no Estado, que habilitará mediante novo arcabouço jurídico, a transferência de ações tais como Administração de Presídios, Hospitais Públicos, Construção e Operação de Estradas, Obras de Saneamento, Creches, etc. a parceiros públicos de natureza privada.

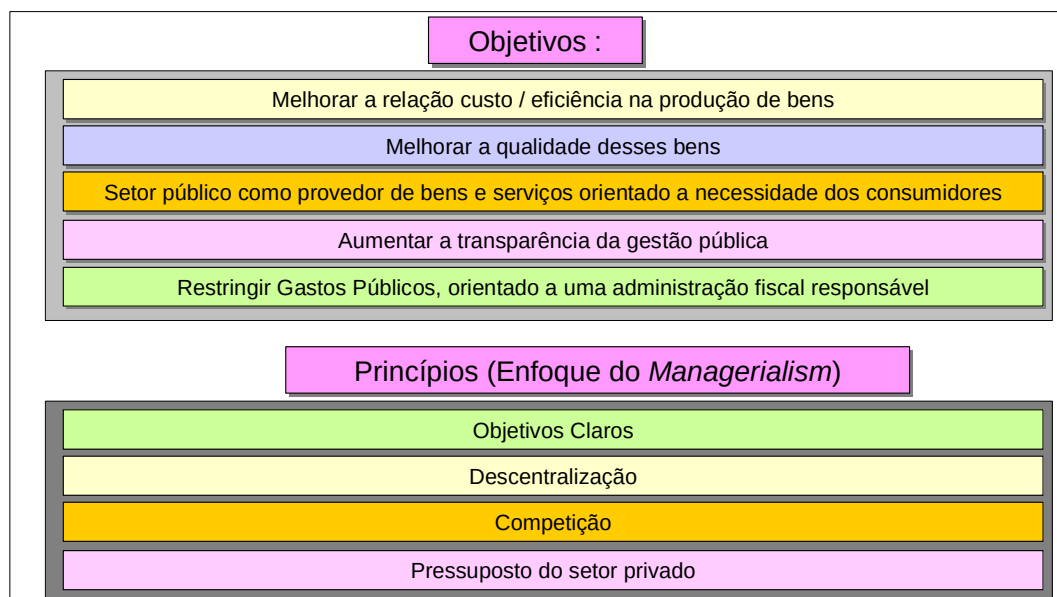


Figura 2 - Objetivos e Princípios envolvidos na reforma do setor público

3.2.2 - Contratualização de Resultados

Esse é certamente um dos pontos mais sensíveis das reformas públicas e talvez aquele que maior impacto possa gerar, uma vez que, em geral, são ações que promovem alterações nas estruturas do estado ocasionando mudanças com nem sempre fácil aceitação.

Para melhor entendimento e implementação, Pinto (2006) argumenta que, nos casos de reformas voltadas para os resultados no âmbito da prestação de serviços públicos, deveriam ser analisados os bens e serviços em função de sua natureza pública, privada ou mista, se for o caso. Em outras palavras, os públicos, conservados ao núcleo de Estado ou de administração pública, os mistos, transferidos a provedores públicos reformulados com base em critérios de mercado e os privados, transferidos ao setor privado com a devida regulamentação.

Nas reformas do setor estatal, segundo Richardson (2006), é fundamental uma mudança de enfoque no pensamento tradicional. A visão moderna já consagrada em alguns países pressupõe³ um pensamento baseado em insumos (inputs) direcionados a uma perspectiva baseada em resultados (outputs). O quadro a seguir, (fig.3), melhor ilustra a visão de contratualização baseada em insumos e resultados.

³ Ver as Reformas do Setor Público na Nova Zelândia, por Ruth Richardson (2006).

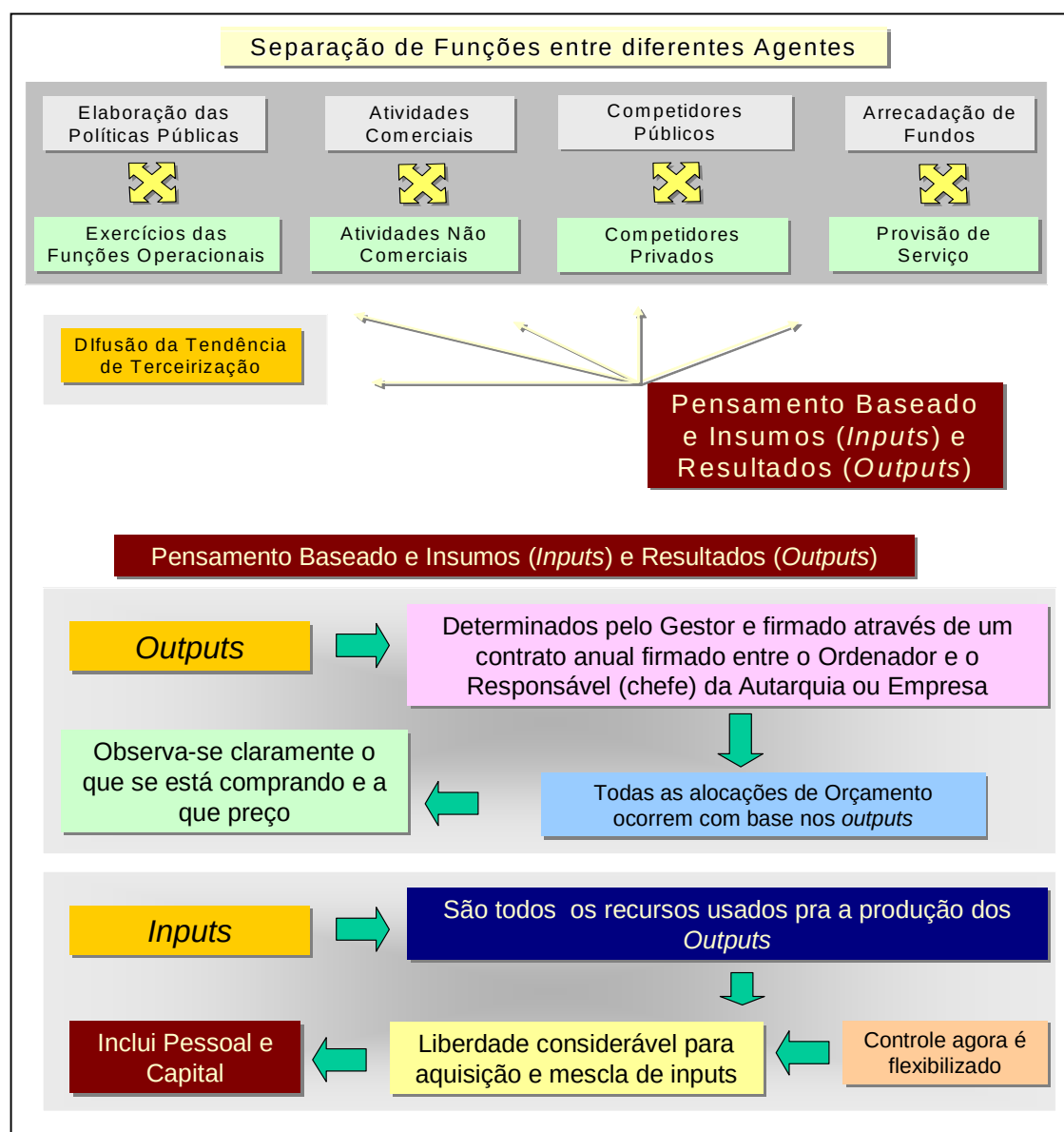


Figura 3 - Esquema baseado em Insumos e Resultados

Nesse contexto, o Estado do Rio de Janeiro iniciou diligência em algumas empresas públicas estaduais⁴ com vistas à

celebração futura de acordos de gestão com definição clara de responsabilidades em direção à sustentabilidade financeira desses órgãos.

É conveniente ressaltar que, em âmbito

⁴ A Secretaria de Planejamento do Estado estuda a sustentabilidade econômico-financeira de empresas tais como Emater, Emop, Coderte, Rio

Trilhos, Central, etc... através de contratualização de gestão pós-reestruturação.

mais extenso, as contratualizações poderiam envolver os próprios gestores públicos em sua relação com o Estado, Kettl (2006), Richardson (2006), baseados em contratos individualizados.

Por fim, e conveniente, também, envidar esforços de gestão e de reformas na construção de um ambiente de negócios favorável onde se promova o fortalecimento e ampliação da competitividade das empresas e dos arranjos produtivos e a promoção agressiva de investimento orientada para agregação de valor.

4.0 Agradecimentos

O autor agradece ao Governo do Estado do Rio de Janeiro através dos profissionais da Secretaria de Planejamento e Gestão (SEPLAG) na pessoa de seu Secretário, pelas informações coletadas.

Referências

- [1] Abrucio, F.L., Gaetani, F.; Avanços e Perspectivas da Gestão Pública nos Estados: Agenda, Aprendizado e Coalização, in Avanços e Perspectivas da Gestão Pública nos Estados, Publicações Consad Fundap, 2006.,pp 42-44.
- [2] Athaide, L. A., Gusmão, G. Silva, M.A.; Parcerias Público-Privadas, in Vilhena, R. Martins, H., Guimarães, Marini, T., O Choque de Gestão em Minas Gerais : Políticas da Gestão Pública para o Desenvolvimento, Editora UFMG, 2006, pp.145-148.
- [3] Cavalcanti, B. S., Peci, A.; Além da (re)forma do Aparelho do Estado : Para uma nova Política de Gestão Pública, in Cavalcanti, B. S.; Ruediger, M. A. ; Sobreira, R.; Políticas Públicas, Desenvolvimento e Construção Nacional, Editora Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2006, pp. 33-35.
- [4] CIDE (Fundação Cide – Centro de Informações de Dados do Rio de Janeiro) - Anuário Estatístico, encontrado em <http://www.cide.rj.gov.br>, Rio de Janeiro, 2006.
- [5] Kettl, D. F.; A Revolução Global Reforma da Administração do Setor Público, in Pereira, L. C. B., Spink, P. K.; Reforma do Estado e Administração Pública Gerencial, Editora Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2006, pp. 102-104.
- [6] Pereira, L.C.B.; Prefácio, in Avanços e Perspectivas da Gestão Pública nos Estados, Publicações Consad Fundap, 2006, pp 8-10.
- [7] Pinto, R. F.; As Reformas do Estado e o Paradigma da Nova Economia Institucional, Paper Series, Rio de Janeiro, Nov. 2006, pp 21-23.
- [8] Richardson, R.; As Reformas do Setor Público na Nova Zelândia, in Pereira, L. C. B., Spink, P. K.; Reforma do Estado e Administração Pública Gerencial, Editora Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2006, pp. 215-219.
- [9] Santana, J., Tescarolo, F., Coelho, R.; Compras Governamentais, in Vilhena, R. Martins, H., Guimarães, Marini, T., O Choque de Gestão em Minas Gerais : Políticas da Gestão Pública para o Desenvolvimento, Editora UFMG, 2006, pp.247-251.
- [10] Santos L. A.; Cardoso R. L. S.; A experiência dos Gestores Governamentais no Governo Federal do Brasil ;V Congresso Internacional do Centro Latino-Americano de Administração para o Desenvolvimento – CLAD, Paper Series, 2001
- [11] Spink, P. K. ; Possibilidades Técnicas e Imperativos Políticos em 70 anos de Reforma Administrativa, in Pereira, L. C. B., Spink, P. K.; Reforma do Estado e

Administração Pública Gerencial, Editora Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2006, pp. 142-144.

Abstract

This article presents in a brief way, an analysis of the challenges in implementation of improvements in the public administration in the State of Rio de Janeiro, through structural

reforms, or through modernization of the management, towards the meeting of the strongest vector of efficiency in the public administration. An adequacy of a new public management vision.

Keywords : *reform, public managerialism, public administration, new public administration*

Metodologias para a Análise da Atividade Cognitiva no Trabalho

Paulo Victor R. de Carvalho ^{1,2} Isaac Luquetti dos Santos ²
Claudio Henrique dos Santos Grecco ^{1,2}

¹ Universidade Iguaçu – FaCET

Av. Afílio Augusto Távora 2134, Nova Iguaçu, RJ, Brazil

E-mail : paulov@pesquisador.cnpq.br, grecco@ien.gov.br

²Instituto de Engenharia Nuclear, IEN

Divisão de Instrumentação e Confiabilidade Humana, DICH

Via 5 S/N Cidade Universitária, Ilha do Fundão

Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Email: luquetti@ien.gov.br

Resumo

Metodologias tradicionais para análise do trabalho foram concebidas como instrumentos para decompor o fluxo da atividade em uma sucessão de eventos diretamente observáveis, expressos em termos do contexto de trabalho. A evolução tecnológica fez com que houvesse uma significativa mudança no trabalho, onde atividades mecânicas e repetitivas, antes delegadas aos seres humanos, são automatizadas. Os seres humanos são convocados a exercer atividades em contextos de trabalho dinâmicos, onde rápida adaptação e flexibilidade, além de aspectos não diretamente observáveis como resolução de problemas e tomadas de decisão, se tornaram em novas e fundamentais exigências para um desempenho efetivo. Este artigo de revisão procura descrever e discutir técnicas, métodos e resultados relacionados à Análise do Trabalho Cognitivo - ATC, que se constitui de um conjunto de metodologias que procuram analisar o trabalho levando em contas as novas exigências das tarefas nos sistemas dinâmicos e complexos com os quais o ser humano se defronta atualmente.

Palavras-chave: análise do trabalho, cognição, sistemas complexos, ergonomia.

1. Introdução

Denomina-se Análise do Trabalho Cognitivo (ATC) às diversas descrições de métodos, técnicas e instrumentos que visam eliciar o modo como especialistas, peritos e demais trabalhadores executam atividades cognitivas em contextos específicos de trabalho. SEAMSTER, REDDING e KAEMPF (1997) definem a ATC como um conjunto de métodos para identificar e descrever estruturas cognitivas como as bases de organização do conhecimento, as formas de representação de habilidades, e processos como atenção, resolução de

problemas, tomadas de decisão, saberes tácitos etc. Tradicionalmente, as metodologias para a análise do trabalho foram concebidas como instrumentos para decompor o fluxo da atividade de trabalho em uma sucessão de eventos, expressos em termos do contexto de trabalho. Com a evolução da tecnologia, uma significativa mudança no trabalho humano vem ocorrendo. Atividades mecânicas, repetitivas, estão sendo executadas por equipamentos automatizados, restando aos seres humanos exercer atividades em contextos de trabalho dinâmicos, onde a rápida adaptação e flexibilidade, além de

aspectos como resolução de problemas e tomadas de decisão, se tornaram novas e fundamentais exigências para um desempenho efetivo. A adaptação a situações que mudam constantemente, em função das variabilidades dos processos e do papel ao nível supervisor dos operadores (CARVALHO e VIDAL, 2000), envolve habilidades complexas e capacidades cognitivas que a análise do trabalho convencional, baseada apenas nas ações observáveis no ambiente de trabalho, não consegue explicitar, pois ela se tornou insuficiente para explicar os processos cognitivos envolvidos. Deste modo, a incorporação do componente cognitivo na análise do trabalho tornou-se uma necessidade para que seja possível responder satisfatoriamente pelas habilidades complexas envolvidas na operação dos modernos e complexos sistemas de trabalho. Essa notável troca de paradigma se desenvolveu e foi apropriada concorrentemente por diversas disciplinas como informática (desenvolvimento de sistemas especialistas, inteligência artificial), psicologia experimental, ciência cognitiva, antropologia e ergonomia, e conduziu à introdução de novas metodologias, conceitos, modelos e terminologias com pouco acordo interdisciplinar sobre rótulos e categorias. No momento, não há panacéia para a análise das habilidades complexas ou capacidades cognitivas, o que não surpreende, uma vez que as mudanças nos ambientes de trabalho têm sido cada vez mais rápidas, assim como o desenvolvimento de um grande número de metodologias oriundas dos mais diversos campos de conhecimento.

Apesar de envolver diversos paradigmas e metodologias de análise, os objetivos da ATC são bastante claros. Ela procura descrever as habilidades cognitivas que apóiam o desempenho no trabalho, como a compreensão conceitual, formas como

decisões, são tomadas, resoluções de problemas, distribuição da atenção, aspectos de comunicação, cooperação e coordenação, planejamento, e administração da carga de trabalho (SEAMSTER et al., 1997). O método utilizado em determinado estudo depende de sua adequação às características do domínio de trabalho e a obtenção dos resultados desejados: se é um programa de treinamento, uma nova organização do sistema sócio-técnico, a implementação de sistemas para ajuda às tomadas de decisão, ou eliciação de conhecimento de especialistas e peritos usada para programação em inteligência artificial.

Embora a ATC seja tenha sido desenvolvida recentemente, há alguns consensos no campo com respeito a procedimentos metodológicos GORDON e RICHARD, (1997). Estes são:

- O uso de múltiplos especialistas, seja como sujeitos seja como analistas;
- Certificar-se de que os especialistas analisados são realmente peritos na tarefa específica sob investigação;
- A análise das diversas alternativas de atividades e/ou cenários diversos para revolver uma mesma situação de trabalho;
- Analisar o desempenho na resolução de problemas e tomadas de decisão em ambientes reais e simulados;
- A importância do analista assumir uma postura de aprendiz durante a análise do trabalho GORDON (1995).

Em outras palavras, a ATC visa a medição indireta de sistemas complexos de pensamento e comportamento. Desta forma, uma análise bem feita precisa incorporar analistas, especialistas, múltiplos cenários e métodos. A ATC de diversas metodologias já foi usada em aplicações relacionadas a treinamento CANNON-BOWERS et. al., (1991); TAYLOR,(1994), projeto de sistemas KAEMPF et al., (1992), e administração de recursos humanos

SEAMSTER, REDDING e BROACH, (1996), projetos de interfaces homem/computador VICENTE e RASMUSSEN, (1990). Este artigo discutirá os prós e contras de alguns métodos de ATC, isto é, métodos que visam a obtenção das estruturas tácitas de conhecimento, das formas de tomadas de decisões críticas etc., de modo a obtermos uma melhor compreensão do trabalho em sistemas complexos.

2. Problemas para a análise das habilidades cognitivas

Estudos de atividades na vida real – estudos situados em contraste com experiências administradas em um laboratório - não podem ser descritos em termos de condições experimentais. A verificação independente de experiências assim, se torna extremamente difícil e os trabalhos neste campo podem ser percebidos como não-científicos. Em estudos situados, a composição de metas e estruturas de valor subjetivo são aspectos chaves para a análise, e dar instruções precisas aos sujeitos da investigação pode tornar o estudo inútil, pois elas podem interferir com os processos cognitivos normalmente envolvidos nas atividades de trabalho. Entretanto, o estudo das habilidades cognitivas complexas numa conotação situada deve, como toda pesquisa empírica, ser baseada em métodos seguros e válidos que possam identificar os numerosos fatores envolvidos, como também diferenciar entre os vários tipos de conhecimento e habilidades cognitivas. Entretanto, isto pode ser muito problemático e invasivo.

PATRICK (1992) descreveu três problemas significativos na análise da habilidade cognitiva:

1. Identificação dos diversos tipos de conhecimentos/saberes envolvidos;

2. Determinar as representações alternativas de um mesmo conhecimento;

3. Configurar os diversos tipos de conhecimento num modelo coerente de desempenho.

Identificação dos tipos de conhecimento envolvidos. Atividades de trabalho complexas são suportadas por muitos tipos de conhecimento que têm de serem identificados, descritos e configurados em um todo coerente para produzir uma análise completa. Isto inclui o conhecimento fático e procedural do contexto de trabalho e também os conjuntos de regras do tipo SE - ENTÃO observadas num desempenho qualificado.

Representações alternativas do mesmo conhecimento. O mesmo conhecimento pode ser descrito de vários modos. BAINBRIDGE (1988) distingue entre representações tipo-padrão e tipo-predicado de um mesmo conhecimento, comentando que, embora as representações padrão possam ser mais eficientes na especificação dos valores de atributos como configuração espacial, cores, formas, intensidade, e para mostrar as inter-relações entre os agentes, elas requerem inferências do observador, enquanto as representações predicadas, por exemplo, as baseadas na linguagem são explicitamente descritivas.

Configurando tipos de conhecimento em um modelo coerente de desempenho. Deve ser possível construir um modelo de como os trabalhadores executam atividades que incorporem tipos diferentes de conhecimento e as respectivas representações associadas, após a execução da ATC. Entretanto, pode ser extremamente difícil identificar como um trabalhador experiente pode escolher entre os vários tipos de conhecimento e usá-los simultaneamente durante o desempenho da mesma tarefa cognitiva SINGLETON, (1989). RASMUSSEN e LIND (1981)

identificaram duas dimensões que podem ser usadas para mapear tipos e níveis de conhecimento envolvidos na atividade de trabalho: o primeiro referente ao tamanho e configuração da unidade sob consideração; e o segundo, referente a uma dimensão de abstração, posteriormente explicada em termos de meios-fins RASMUSSEN, PEJTERSEN e SCHMIDT, (1990). As propriedades funcionais de um sistema são representadas por cinco níveis de relações de meios-fins:

1. Metas, propósitos e restrições;
2. Prioridades; fluxo e acumulação de massa, energia, informações, pessoal, finanças;
3. Funções gerais e atividades;
4. Processos físicos de trabalho e equipamentos;
5. Configuração e formas de apresentação dos objetos materiais.

É claro que são exigidos tipos e níveis diversos de conhecimento para executar uma atividade complexa que envolve conhecimento de metas, regras, fatos, estratégias e as ligações entre eles. A compreensão completa dos mecanismos que operam esta enorme quantidade de fragmentos de conhecimento, que interagem em modos que não podem ser especificados, está além dos limites da psicologia contemporânea. Porém, isto não inviabiliza o desenvolvimento ininterrupto de métodos para eliciação de conhecimentos, de modo a explicar os processos cognitivos envolvidos no desempenho dos trabalhadores. Estes métodos serão discutidos a seguir.

3. Metodologias para análise do trabalho cognitivo

A literatura que congrega as disciplinas que estudam as habilidades cognitivas é vasta e diversa. As metodologias associadas são igualmente diversas e refletem os objetivos e

preocupações dos pesquisadores envolvidos. Descrever cada uma delas em detalhes está além do escopo deste artigo (para uma revisão veja HOFFMAN et al., 1995). Ênfase será dada em metodologias usadas em pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de diferentes modelos de tomadas de decisão e escolha de ações.

Antes de apresentar alguns métodos de eliciação de conhecimento - EC - será útil definir ou estabelecer alguns limites para ATC. CRANDALL et al. (1994) definem ATC como: “ATC é a identificação das habilidades cognitivas necessárias a execução de uma atividade com proficiência” (pág. 15), e além disso afirmam que, se uma atividade não requer algum tipo de perícia, a ATC não é necessária. A ATC deveria ser dirigida, então, a identificar e descrever as habilidades cognitivas de trabalhadores experientes. REDDING & SEAMSTER (1994) sugerem que a ATC engloba tipicamente cerca de quatro categorias principais: os componentes-chaves do trabalho, o conhecimento e habilidades requeridas para componentes de trabalho semelhantes, diferenças entre os especialistas e novatos e as condições que aceleram a aprendizagem. DeVRIES e GORDON (1994) enfatizaram que se uma atividade tem complexidade cognitiva alta, então a ATC é necessária. Eles definiram complexidade cognitiva em termos de:

- Uso de uma base de conhecimento grande e complexa;
- Nível significativo no uso de inferências para preencher os espaços ou “conectar” a situação real com os conteúdos da base de conhecimento do trabalhador e então derivar as ações apropriadas;
- Ou, requerer uma quantidade significativa de tipos de processamento cognitivo de ordem mais elevada como interpretação complexa, desenvolvimento de metas, julgamento, predição, etc. (DeVRIES

GORDON, (1994), pág. 528)

Assume-se que os dois últimos fatores são altamente dependentes do primeiro, quer dizer, a pessoa precisa possuir uma base de conhecimento significativa para racionar de modo inferencial com bons resultados, ou recorrer a um processamento cognitivo de ordem mais elevada.

A diversidade nas abordagens da ATC varia amplamente em função de suas metas, das ferramentas utilizadas e do tipo de dados requeridos (ROTH e MUMAW, 1995). Métodos de eliciação do conhecimento - EC usados na ATC incluem:

- Análise de protocolos verbais;
- Entrevistas não estruturadas;
- Entrevistas estruturadas;
- Mapas cognitivos;
- Análise de grafos conceituais;
- Cenários construídos;
- Grades de repertório;
- Ordenação de tarefas;
- Método de tomada de decisões críticas.

Os métodos serão descritos brevemente a seguir.

Análise de protocolos verbais talvez se constitua num dos mais eficientes métodos para se eliciar aspectos do trabalho cognitivo. Esta metodologia se baseia na análise dos protocolos verbais dos agentes, obtida por meio da gravação de comunicações durante a atividade, por ergonomistas, especialistas em lingüística e psicologia cognitiva, onde são analisados aspectos locutórios e ilocutórios das comunicações. A abordagem da Cognição Distribuída provê um enquadramento interessante para analisar e modelar a relação entre atividade e contexto e uma de suas principais ferramentas é a análise de protocolos verbais. A tese central da Cognição Distribuída se desenvolve em torno das seguintes hipóteses:

- Para compreendermos o processo

profundamente, o papel e as propriedades de cada artefato, nos temos que ampliar o foco da análise, usualmente a tarefa, e levar em consideração todo o sistema sócio-técnico composto pelas pessoas, papéis, artefatos, regras etc. (HUTCHINS, 1995);

- Este sistema sócio-técnico pode ser analisado em termos de um Sistema Cognitivo Conjunto (HOLLNAGEL e WOODS, 1983) que realiza computações mediante transformações e propagação de diferentes estados de representação, que podem estar dentro ou fora da mente das pessoas.

- De modo a mapear e analisar esta propagação das informações, a análise de protocolos verbais tem sido bastante usada, por exemplo, na análise do trabalho de controladores de voo (MARTI e PALMONARI, 1998).

Entrevistas não estruturadas consistem em diálogo livre entre o entrevistador e o trabalhador. O entrevistador pergunta questões abertas ao trabalhador a respeito de seu conhecimento e seus modos de raciocínio. Este método foi usado como o método principal para EC (WEISS e KULIKOWSKI, 1984), embora geralmente seja considerado mais útil como uma introdução para o entrevistador sobre o contexto de trabalho (HOFFMAN, 1995). Um dos muitos problemas com este método é que é muito fácil a entrevista divergir do propósito planejado, como resultado de sua natureza livre. Outro problema envolve a transcrição e o processo de análise, que podem ser complicados e demorados.

Entrevistas estruturadas, baseadas numa análise anterior do contexto de trabalho, são geralmente percebidas como sendo superiores às entrevistas não estruturadas

HERRIOT, (1971) e mais eficientes com relação ao quesito tempo SJOBERG e NETT, (1968). Entrevistas estruturadas podem ser baseadas tanto em perguntas de sondagem, genéricas sobre o contexto de trabalho, quanto em perguntas específicas da atividade WOOD e FORD, (1993) endereçando assuntos direcionados às preocupações específicas do entrevistador como as hipóteses do estudo ou experiência do entrevistado.

Mapas cognitivos ou mapas conceituais EDEN, (1992) constituem-se de modos relativamente não estruturados para desenhar diagramas da compreensão conceitual da atividade de um trabalhador. Eles cobrem o conhecimento conceitual e são relativamente fáceis de criar uma vez que consistem de diagramas de bolha simples. Mapas cognitivos têm tendência para crescer de modo descontrolado e podem ficar incompreensíveis, caso não sejam mantidos sob um controle rígido. Porém, eles provêm um modo útil de estruturar os componentes de uma atividade, identificando assuntos de interesse e relevância para uma pesquisa mais profunda.

A Análise de Grafos Conceituais (AGC) GORDON, et al., (1993) é um modo estruturado para criar mapas cognitivos usando relações entre entidades. Envolve o uso de várias técnicas de Eliciação de Conhecimentos – EC, como análise de documentos, entrevistas estruturadas e não estruturadas, e análise do trabalho observado. A AGC é mais um método para representação do conhecimento que para sua eliciação. O método é iterativo, desenvolvido a partir de um gráfico conceitual preliminar no qual as informações ausentes são obtidas a partir de novas sessões de EC. A AGC é, como a maioria dos métodos de EC, bastante trabalhosa, consumindo grandes recursos temporais. Envolve várias sessões com cada perito, o que pode ser um sério problema numa

pesquisa aplicada. Em comparação com os mapas cognitivos, a AGC é mais abrangente, mas cabe ao pesquisador, a partir dos objetivos da análise, determinar os limites da balança tempo X profundidade da pesquisa. A AGC tem como uma vantagem principal o uso de vários métodos em conjunto. Sua maior desvantagem é que o analista ou pesquisador precisa de treinamento específico no uso do método e os cursos não são disponíveis no país.

Cenários construídos também são conhecidos como o método “cenário do inferno” CRANDALL et al., (1994). Nesse método é solicitado a um perito a elaboração de um cenário que fosse capaz de testar a perícia de alguém no mesmo domínio. As variáveis do cenário são para prover uma compreensão das características da tarefa e da natureza da especialidade. Cenários construídos constituem-se de métodos relativamente eficiente em termos de consumo de tempo e fornecem uma base valiosa para subseqüentes perguntas sobre o processo.

O método Grades de Repertórios foi desenvolvido originalmente por KELLY (1955) para identificar construções usadas em diagnósticos na medicina. O método foi extensivamente aplicado e fornece um modo simples de colher informação sobre o conhecimento de peritos. Essencialmente, um perito é instado a identificar um conjunto de situações típicas e então gerar construções para mostrar como tríades destas situações estão relacionadas. Por exemplo, X leva a Y mas como elas são diferentes de Z? Este processo é continuamente repetido para um conjunto abrangente de comparações antes que um quadro completo sobre como o perito avalia situações e faz distinções seja obtido. As Grades de repertórios podem consumir bastante tempo, mas provavelmente, sua maior deficiência reside no fato de que é um processo enfadonho e pouco desafiador,

tanto para o perito, quanto para o analista. Isto pode ter um impacto prejudicial na experiência, se o perito acelerar o processo e fizer identificações superficiais em lugar de procurar por semelhanças ou diferenças em níveis mais profundos.

A Ordenação de Tarefas é um dos muitos métodos de escalonamento nos quais a estrutura psicológica é deduzida a partir de julgamentos, posição e ordenação dos componentes de uma tarefa pelo sujeito analisado REDDING, (1990). A Ordenação de Tarefas é um método indireto de obter uma representação espacial das inter-relações entre conceitos, descrevendo como os indivíduos organizam mentalmente o seu conhecimento SEAMSTER et al., (1997). A Ordenação de Tarefas é instrumento poderoso em função da sua natureza quantitativa. Porém, a natureza quantitativa também é o grande problema, pois requer por parte do analista grande capacidade para interpretar e traduzir o complexo e, freqüentemente, confuso conjunto de dados obtidos de modo a chegar numa aplicação prática.

O Método da Decisão Crítica (MDC) foi criado originalmente para permitir o estudo de tomadas de decisão de comandantes do corpo de bombeiros (CALDERWOOD et al., 1987). Semelhante a outras técnicas de incidente crítico (FLANAGAN, 1954), o MDC focaliza situações não rotineiras, considerando que a análise deste tipo de situações pode ser uma rica fonte de dados sobre um desempenho proficiente. Em correspondência com outros métodos de ATC, no MDC assume-se que o analista está familiarizado com o domínio, que os materiais, inclusive as questões de teste estão preparadas, que o entrevistador é experiente, e que o perito é articulado e interessado na participação. KLEIN et al. (1986) sugere que é preferível usar dois entrevistadores, em lugar de um, para evitar problemas de atenção, o que dificultaria a

compreensão da informação. O MDC foi aplicado numa grande variedade de estudos e se mostrou, de acordo com seus proponentes, uma ferramenta útil. A aplicação do MDC segue o procedimento apresentado a seguir. De acordo com HOFFMAN (1995) o MDC consiste em oito fases;

- Preparação (como mencionado acima);
 - Instrução;
 - Identificação e seleção do incidente;
 - Recuperação do evento;
 - Verificação da linha temporal;
 - Identificação de ponto de decisão;
 - Interrogatório de teste (sobre o evento);
 - Análise de dados e verificação.
- HOFFMAN (1995), pp. 93-94)

Instrução: O entrevistador descreve a razão para o estudo e introduz o processo de eliciação do conhecimento passo a passo, explicando os motivos de cada fase. Durante esta fase, informações como experiência e nível de treinamento, história pessoal etc., são obtidas.

Identificação e seleção do incidente: O perito fornece orientação recordando eventos específicos ocorridos no passado. Certos tipos de eventos são de interesse particular, aqueles que são raros, difíceis e desafiadores, para as quais as decisões tomadas poderiam diferir conforme a experiência do perito ou operador. A fase de seleção do incidente é usada para considerar incidentes que ilustrem mais que um conhecimento geral sobre o sistema ou procedimentos de rotina, e procura identificar a verdadeira proficiência do especialista. Os peritos/operadores devem ser avisados com antecedência sobre o incidente a ser discutido.

Recuperação do evento: os operadores/peritos expressam nas suas próprias palavras a história dos incidentes selecionados tão detalhadamente quanto possível. Isto deve ser feito sem interrupções

do entrevistador, com exceção de perguntas de esclarecimento ocasionais. Pode ser útil para o perito fazer desenhos ou gráficos para ilustrar a história. Durante a fase de recuperação do evento, o entrevistador está comprometido principalmente em tomar notas. Alternativamente, podem ser usados gravadores para uma análise posterior. O propósito da fase de recuperação do evento é permitir que o entrevistador trace a linha temporal dos eventos importantes, as decisões importantes, e as ações importantes que foram levadas a cabo, como também estimular as recordações do perito. KLEIN et al (1989) considera que a fase de recuperação do evento tem o benefício de reforçar a cooperação entre operador e entrevistador, fazendo com que este último seja considerado um ouvinte em vez de inquiridor. A linha temporal tenta ilustrar os

eventos salientes dentro do incidente, ordenados no tempo e expressos em termos da consciência de situação, pontos de decisão e ações tomadas.

Verificação de linha temporal: A linha temporal é refinada e elaborada em conjunto pelo entrevistador e o operador enfatizando os pontos importantes.

Identificação de pontos de decisão: Esta fase é administrada em paralelo com a fase de verificação de linha temporal. A meta é especificar e verificar pontos de decisão, quer dizer, pontos nos quais possíveis modos diferentes de entender uma situação existiram, ou opções diferentes estavam disponíveis. Questões de teste sobre metas e opções em cada ponto de decisão na linha temporal em que uma ação foi levada a cabo devem ser elaboradas.

Tabela 1. Questões de teste usadas no MDC (HOFFMAN, 1995, pág., 101).

FOCO	EXEMPLO
O significado de uma informação perdida	Se a decisão não foi a melhor, qual treinamento, conhecimento, ou informações poderiam ter ajudado?
Hipotético	Se uma (particular, saliente, importante) característica fosse diferente, como teria afetado suas decisões?
Metas, troca de metas, refinamentos de metas	Quais eram suas metas naquele momento? Quais seus objetivos de comando?
Opções disponíveis	Que outras ações foram consideradas? Que outras opções estavam disponíveis?

Interrogatório de teste: O operador é guiado através do evento, ou para frente ou para trás, sendo interrogado a partir de um conjunto de questões de teste pré-planejadas. Este é a mais longa e desgastante fase do MDC. São feitas questões de teste para extrair detalhes das pistas de informações obtidas na avaliação de situação inicial do

incidente com referência aos pontos de decisão. Também são feitas questões de teste de modo a permitir a evocação de experiências semelhantes do passado. O perito/operador é guiado para especificar metas particulares em lugar de metas gerais de mais alto nível. O propósito das questões de teste é especificar as dimensões

importantes de variação para as características fundamentais. Perguntas de teste sobre alternativas e opções em cada ponto de decisão devem ser usadas para estabelecer as regras de raciocínio utilizadas. Exemplos são apresentados na tabela 1. KLEIN et al. (1989), pág. 467, acentuou que: “Nós observamos que as razões particulares para a execução de uma dada ação são mais facilmente obtidas mediante a compreensão do porque certas escolhas não

foram feitas ou foram rejeitadas.”

Análise de dados: as informações obtidas em cada sessão do MDC são consolidadas em uma Análise de Ponto de Decisão (APD) e um Registro de Avaliação de Situação (RAS). A APD é uma estrutura que indica as fases nas quais uma decisão poderia ser tomada, as categorias das decisões em cada fase e os critérios definidos para uma decisão pertencer a determinada categoria. A tabela 2 dá um exemplo para a APD

Tabela 2. Exemplo para APD (HOFFMAN, 1995, pág., 105)

FASE	CATEGORIAS	CRITÉRIOS
Comando	Nível de comando	Decisão que afeta plano de ataque global
Avaliação de situação	Nível de não-comando Serial	Monitoração e coordenação de atividades Deliberação sobre a natureza do problema, prova de hipóteses em série
	Simultâneo	Consideração simultânea de aspectos múltiplos do problema
Avaliação de opção	Serial	Deliberação de opções em série
Opções consideradas	Simultâneo Padrão	Consideração simultânea Opções foram explicitamente formalizadas ou imaginadas
	Típico	Decisões estão ligadas ao contexto, outros oficiais competentes teriam tomado as mesmas decisões
Opção selecionada	Construído	Não havia nenhum procedimento padrão aplicável, problema resolvido através da criatividade
	Processo abstrato	Estratégia poderia ser articulada e imaginada explicitamente
Imagem	Processo analógico Usada/não usada	Experimental e contexto-sensitivo Evidência de processos relacionados a imagens, relatos de “figuras mentais”

O RAS é construído ao redor dos pontos de decisão que realçam as pistas críticas,

expectativas e metas atuais. Isto constitui um Documento de Descrição de Conhecimento

(DDC) que inclui:

- Organização e categorização dos pontos de decisão;
- Um inventário das pistas críticas usadas na avaliação da situação;
- Organização e categorização de metas;
- Um inventário de regras que descrevem as relações entre situações e expectativas, definido em termos de sugestões e metas.

A fase de análise de dados pode incluir um estudo da confiabilidade usando os múltiplos árbitros para codificar os protocolos de recuperação de eventos ou uma comparação formal entre as linhas temporais dos dois entrevistadores.

4. Conclusões

A ATC é multifacetada e engloba vários métodos, cada um com suas próprias vantagens e problemas. Defende o uso de métodos múltiplos para fortalecer o resultado global e reduzir o efeito das limitações de cada método considerado individualmente. A ATC é principalmente usada em pesquisa aplicada e é dirigida a exigências específicas como programas de treinamento e ajuda na tomada de decisões. Tem se beneficiado de recentes avanços em métodos de pesquisa em psicologia cognitiva, ciência cognitiva e ergonomia. Não obstante, em sua fase presente de desenvolvimento, a ATC enfrenta vários problemas: consome muito tempo, para obtenção de dados, uma vez completada a fase anterior a quantidade de dados é grande e de difícil controle, e requer a habilidade de profissionais altamente treinados MODRICK, (1992) e REDDING, (1989). Como resultado do tempo consumido e uso intenso de recursos, a ATC aparece em recortes seletivos, o que REDDING (1990)

chamou “fidelidade cognitiva seletiva” para identificar estes aspectos da tarefa que justificariam uma análise. A dificuldade neste caso é identificar o que é pertinente e o que pode ser ignorado. A força de ATC é que os métodos são experimentados e testados em várias disciplinas e não diferem de outras pesquisas qualitativas. O foco da ATC enfatiza a ligação entre pesquisa e aplicação prática. A teoria é um subproduto que pode, ou não, ser considerado relevante. Da mesma maneira que a natureza aplicada/situada da ATC é uma de suas forças, também é uma das fraquezas aparentes. Embora tenha validade ecológica, ela parece não ter fundamento epistemológico. Se o resultado funcionar, os meios justificam os fins. O foco específico de aplicação, quer dizer, exigências de indústria, é o calcanhar de Aquiles da ATC, visto de uma perspectiva acadêmica. Resultados são descritivos, dependentes do contexto e ilustram processos cognitivos particulares. A ATC não seria diretamente usada para criação e teste de hipóteses, mas os pesquisadores adaptam modelos e teorias de pesquisa contemporânea para se adequar aos seus propósitos. A validação de fato aparece com maior significação que o rigor científico.

A crítica acima pode ser justa, mas ela reflete o abismo dogmático entre o acadêmico e a pesquisa aplicada, entre os saberes tácito e científico. Seria sensato achar um equilíbrio para que a polarização existente entre estes dois pontos de vista seja diminuída. A ATC pode ser usada para gerar teoria, mas está a cargo de pesquisadores demonstrar como fazê-lo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao suporte propiciado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico (CNPQ). Esta pesquisa foi realizada na Divisão de

Instrumentação e Confiabilidade Humana do Instituto de Engenharia Nuclear – IEN.

Referências

- [1] Bainbridge, L. (1988). Types of representation. In L. P. Goodstein, H. B. Anderson, & S. E. Olsen (Eds.), *Tasks, errors and mental models*. London, UK: Taylor and Francis.
- [2] Cannon-Bowers, J. A., Salas, E., & Grossman, J. D. (1991). Improving tactical decision making under stress: Research directions and applied implications. Paper presented at the International Applied Military Psychology Symposium, Stockholm, Sweden
- [3] Carvalho, P.V.R. e Vidal, M.C.R. (2000), *Modelagem Cognitiva de Acidentes*. X Congresso Brasileiro de Ergonomia, Rio de Janeiro, ABERGO.
- [4] Calderwood, R., Crandall, B. W., & Klein, G. A. (1987). *Expert and novice fire ground command decisions*. Dayton, OH: Klein Associates Inc
- [5] Crandall, B., Klein, G. A., Militello, L. G., & Wolf, S. P. (1994). *Tools for applied cognitive task analysis*. Dayton, OH: Klein Associates Inc
- [6] DeVries, M. J., & Gordon, S. E. (1994). Estimating cognitive complexity and the need for cognitive task analysis. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 38th Meeting*, Santa Monica, CA.
- [7] Eden, C. (1992). On the nature of cognitive maps. *Journal of Management Studies*, 29, 261-265.
- [8] Flanagan, J. C. (1954). The critical incident technique. *Psychological Bulletin*, 51, 327-358
- [9] Gordon, S. E., & Richard, R. T. (1997). Cognitive task analysis. In C. E. Zsombok & G. A. Klein (Eds.), *Naturalistic decision making*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- [10] Gordon, S. E., Schmeirer, K. A., & Gill, R. T. (1993). *Conceptual graph analysis: Knowledge*
- [11] Gordon, S. E. (1995). Cognitive task analysis using complementary elicitation methods. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 39th Meeting*, San Diego, CA.
- [12] Herriot, P. (1971). The selection interview. In P. B. Warr (Ed.), *Psychology at work* (pp. 139-159). London, UK: Penguin Books
- [13] Hoffman, R. R. (1995). A review of 'Naturalistic Decision Making' research on the critical decision method and the recognition priming model of decision making. Nottingham, UK: University of Nottingham.
- [14] Hoffman, R. R., Shadbolt, N. R., Burton, A. M., & Klein, G. A. (1995). Eliciting knowledge from experts: A methodological analysis. *Organizational Behavior and Human Decision Making*, 62, 129-158.
- [15] Hollnagel, E. & Woods, D.D. (1983). *Cognitive Engineering: New Wine on New*
- [16] Bottles. In: *International Journal of Man-Machine Studies*, 18. Pp. 583-600.
- [17] Hutchins, E., 1995, "How a Cockpit Remembers its Speeds" *Cognitive Science*, 19, 265-288
- [18] Kaempf, G. L., Wolf, S. P., Thorsden, M. L., & Klein, G. A. (1992). Decision making in the AEGIS combat information center (Technical report No 1): Naval Command, Control and Ocean Surveillance Cente
- [19] Kelly, G. A. (1955). *The psychology of personal constructs*. New York: Norton
- [20] Klein, G. A., Calderwood, R., & Clinton-Cirocco, A. (1986). *Rapid decision making on the fire ground*.

- Proceedings of the Human Factors Society, 30th Annual Meeting.
- [21] Klein, G. A., Calderwood, R., & MacGregor, D. (1989). Critical decision method for eliciting knowledge. *IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics*, 19, 462-472
- [122] Marti, P., Palmonari M. (1998). Activity analysis in complex work settings. Paper disponível no site www.cosi.org
- [23] Modrick, J. A. (1992). Rationale for cognitive task analysis of tactical decision making. Proceedings of the 34th Annual Conference of the Military Testing Association, San Diego, CA.
- [24] Patrick, J. (1992). Training: Research and practice. London, UK: Academic Press
- [1] Rasmussen, J., & Lind, M. (1981). Coping with complexity. Riso-M-2293, Roskilde, DK: Riso National Laboratory.
- [25] Rasmussen, J., Pejtersen, A. M., & Schmidt, K. (1990). Taxonomy for cognitive work analysis. Riso-M-2871, Roskilde, DK: Roso National Laboratory
- [26] Redding, R. E. (1989). Perspectives on cognitive task analysis: The state of the state of the art. Proceedings of the 33rd Annual Meeting of the Human Factors Society.
- [27] Redding, R. E. (1990). Taking cognitive task analysis into the field: Bridging the gap from research to application. Proceedings of the 34th Annual Meeting of the Human Factors Society, Santa Monica, CA
- [28] Redding, R. E., & Seamster, T. L. (1994). Cognitive task analysis in air traffic controller and aviation crew training. In N. Johnston, N. McDonald, & r. Fuller (Eds.), *Aviation psychology in practice*. Brookfield, VT: Ashgate Publishing Company.
- [29] Roth, E. M., & Mumaw, R. J. (1995). Using cognitive task analysis to define human interface requirements for first-of-a kind systems. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 39th Annual Meeting, Santa Monica, CA.
- [30] Seamster, T. L., Redding, R. E., & Broach, D. L. (1996). Effects of performance strategies on the air traffic control simulation test. Paper presented at the Human Factors and Ergonomics Society 40th Annual Meeting, Santa Monica, CA
- [31] Seamster, T. L., Redding, R. E., & Kaempf, G. L. (1997). Applied cognitive task analysis in aviation. Avebury, UK: Ashgate Publishing Ltd.
- [32] Singleton, W. T. (1989). The mind at work. Psychological ergonomics. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- [33] Sjoberg, G., & Nett, R. (1968). A methodology for social research. New York: Harper Row.
- [34] Taylor, J. C. (1994). Novex analysis: A cognitive science approach to instructional design. *Educational Technology*, 34(5), 5-13.
- [35] Vicente K. Rasmussen J. (1990), *Ecological Interface Design: Theoretical Framework in IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics*.
- [36] Weiss, S., & Kulikowski, C. (1984). A practical guide to expert systems. Reading, MA: Addison- Wesley.
- [37] Wood, L. E., & Ford, J. M. (1993). Structuring interviews with experts during knowledge elicitation. In K. M. Ford & J. M. Bradshaw (Eds.), *Knowledge acquisition as modeling* (pp. 71-90). New York: John Wiley.

Abstract

Cognitive Task Analysis (CTA) is a ubiquitous description for a number of methods used to elicit knowledge from experts or experienced workers in specific domains. In this review article we discuss some CTA methods used to identify and to describe cognitive structures such as knowledge base organization and representational skills, and processes such as attention, problem solving and decision making, underlying job expertise. Traditionally, research has emphasized task analysis that served to decompose the flow of activity into a sequence of events expressed in terms of the specific work domain. With the evolution of the work place, repetitive tasks have been replaced by dynamic

environments where rapid adaptation and flexibility, involving problem solving and decision making, have become the new requirements for effective performance. Adapting to changing situations involves complex skills and cognitive ability, rendering the analysis of a task only in terms of observable actions in the work environment insufficient to adequately explain the cognitive processes involved. The need to incorporate a cognitive component into task analysis has become a necessity in order to account satisfactorily for the complex skills involved in the operation of modern work environments.

Keywords: Task Analysis, cognitive, complex skills, work environments.

O Uso de Ambientes Informatizados na Prática Docente em Cursos de Informática em Instituições de Ensino Superior Privadas

Altemar Sales de Oliveira¹, Rosa A.S.M. da Motta²

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro (LAMCE / COPPE / UFRJ)

Laboratório de Métodos Computacionais em Engenharia

Professor da FACET – CAMPUS I

altemarsales@ufrj.br

²Universidade Federal do Rio de Janeiro

rasmme@ufrj.br

Resumo

Este artigo apresenta os motivos pelos quais ocorre a subutilização ou não utilização dos recursos computacionais na Educação Superior em Informática nas instituições privadas, indicando um caminho possível para descobrir como os docentes utilizavam esses recursos em sua prática.

Palavras-chave: Ensino Superior, Informática Educativa, Educação, Ambientes Virtuais.

1. Introdução

Este trabalho aborda o uso de Ambientes Informatizados (AIs) na prática docente do Ensino Superior da Informática. O seu objetivo consiste em esclarecer os motivos pelos quais ocorre a subutilização ou não utilização dos AIs nesse tipo de docência. Entende-se por AI um espaço que contém o computador, o software específico, o professor e o aluno, juntos, dedicados à aprendizagem [Valente 1998].

O estudo está organizado da seguinte forma: no primeiro capítulo, são apresentados os objetivos e a sua importância; no segundo, procura-se mostrar os fundamentos teóricos que o norteiam, estabelecendo a relação entre os AIs, os preceitos educacionais e a formação do professor do Ensino Superior; no terceiro, é enfocada a metodologia proposta para este estudo; no quarto capítulo, tem-se os resultados da aplicação dos instrumentos usados para a realização da pesquisa e,

finalmente, estão expostas as considerações finais.

2. Objetivos e Importância do Estudo

O objetivo geral deste estudo consistiu em esclarecer os motivos pelos quais ocorre a subutilização ou não utilização dos AIs na docência do Ensino Superior, na área de Informática em instituições privadas.

No momento em que se acentua cada vez mais o papel da Tecnologia da Informação (TI) e da comunicação na capacitação dos indivíduos e que, portanto, se torna impossível a obtenção, em curto espaço de tempo, da atualização necessária para a implementação de ações que contribuam para o processo de decisão sempre presente na vida profissional, faz-se oportuno investigar em que medida essas tecnologias estão sendo usadas ou não pelos professores.

Há muito se tem falado sobre computadores nas escolas. Recursos computacionais vêm sendo adquiridos. O fato da escola particular oferecer aos seus

alunos esses recursos é um fator de conquista de demanda, ou seja, um fator positivo para atrair alunos.

Vive-se um período marcado pela crescente Era da Informação, pois a mesma se encontra em todos os segmentos da sociedade e aplicada às diversas áreas de conhecimento. Há necessidade de que uma sociedade utilize a Tecnologia como ferramenta, assumindo novos comportamentos, procedimentos e regras. Com o propósito de contribuir para o desenvolvimento de indivíduos em suas diversas dimensões [Delors 2001], é primordial, para os dias de hoje, a introdução de novas Tecnologias [Grinspun 1999].

Nem sempre as instituições de ensino estão voltadas a um ensino de qualidade. Muitas vezes, essas organizações estão voltadas, sim, ao lucro fácil, aproveitando a grande demanda existente, com uma prática totalmente diferente da teoria metodológica que está descrita em documentos oficiais. Há mais marketing do que real processo de mudanças [Moran 2000].

Diante desse contexto, é de extrema necessidade novos investimentos na capacitação dos profissionais da Educação [Leite 2000], [Petry e Fagundes 1996], [Valente 2003], [Silva Júnior 2003]. Os professores realmente utilizam softwares e Internet? De que forma?

Dessa maneira, faz-se necessária a investigação do uso dos AIs em Instituições de Ensino superior privado pelos professores de Informática, levando em consideração as abordagens de uso desses para apoiar a prática docente.

O estudo relatado identificou as dificuldades mais frequentes de professores, que atuam em duas instituições de ensino superior (IES), com respeito à utilização de recursos da informática em sua prática docente. A sua contribuição consiste em levar esses profissionais a refletirem e

buscarem um melhor uso desses recursos disponíveis nas IES e, para isso, tem por objetivos específicos: (a) identificar a disponibilidade de recursos informacionais nas IES para professores e alunos; (b) estabelecer em que medida os professores utilizam esses recursos na sua prática docente e (c) levantar os fatores que impedem os professores de utilizar os recursos informacionais em sua atividade docente.

Com o propósito de atingir esses objetivos, foram formuladas as seguintes questões: (a) as instituições disponibilizam para alunos e professores recursos de informatização suficientes para atendimento de uma formação profissional adequada? (b) em que medida ocorre a utilização dos recursos computacionais em sala de aula e com que finalidade? (c) Quais são os fatores que impedem os professores de uma plena utilização dos recursos computacionais?

3. A Educação, os AIs e o Papel do Professor no Ensino Superior Privado

Este capítulo apresenta os fundamentos teóricos que nortearam o estudo em questão, procurando estabelecer uma relação entre os preceitos educacionais para o uso de AIs e a prática docente no Ensino Superior.

3.1. A Educação e os Ais

As recentes contribuições das teorias de aprendizagem destacam a necessidade de uma maior interatividade entre os alunos e os objetos de estudo através do acesso a recursos que estimulem os seus diferentes níveis de percepção, criando assim novas oportunidades de aprendizagem. Os chamados AIs podem acessar informações de diferentes origens que mantém a atenção dos usuários, gerando curiosidade, desafios e prazer na busca de novos conhecimentos. Nesse sentido, constata-se uma tendência

das IESs a adquirirem softwares voltados para situações que abordem: a) a resolução de problemas, b) produção de músicas, c) controle de processos, d) construção de planilhas eletrônicas, e) banco de dados e de imagens e f) sistemas de autoria, construção e transformação de gráficos. Segundo Moran (2000), “Ensinar e aprender são os desafios maiores que enfrentamos em todas as épocas e particularmente agora em que estamos pressionados pela transição do modelo industrial para o da informação e do conhecimento.”

Nesse contexto, o computador passa a ocupar um lugar central em nossa sociedade, devido, principalmente, às suas características de armazenagem e manipulação de dados aliadas, à capacidade de visualização de imagens. Ao mesmo tempo, o computador ressurgiu como uma ferramenta capaz de potencializar a capacidade de aprendizagem nas escolas. De acordo com Valente (1998), para implantar o computador na Educação, são necessários quatro elementos: o computador, o software educativo, o professor capacitado para usar os recursos como meio educacional e o aluno. Esse autor afirma que, tendo em vista a prática docente no Ensino Superior Privado, uma das possibilidades de uso do computador consiste em sua utilização como máquina de ensinar, podendo esse, munido de um software, ensinar o aluno. Outra possibilidade consiste em que o aluno, por meio do software, “ensine” o computador. O que, pode ser feito por intermédio de aplicativos, da resolução automatizada de problemas, da produção de música, dos programas de controle de processos e do computador como comunicador, como no caso do uso de editores de textos, planilhas eletrônicas, banco de dados, sistemas de autoria e de construção e transformação de gráficos.

Moran (1997) afirma que durante a construção do conhecimento, em AIs, existe

maior “liberdade” e menos regras rígidas. Essa construção tem seus pilares, a partir da organização e da razão sensorial. Criam-se convergências e divergências instantâneas. Surge a necessidade de se pensar em vários assuntos ao mesmo tempo e de respostas em fração de tempo menores. O papel da Educação passa a ser o de possibilitar a formulação de perguntas e a descoberta de respostas rápidas ou a longo prazo. A utilização das tecnologias apóiam a Educação, fornecendo um modelo de ensino participativo, interativo e de colaboração. Essas tecnologias ampliam o leque de ferramentas auxiliares na construção do conhecimento. Aplicar o conceito de AIs é relacionar o ato de aprender, por intermédio de recursos computacionais, em que haja interação, cooperação, análise e observação, com o objetivo de dar suporte à aprendizagem. Santos (2004) compartilha com o pensamento desse autor, acrescentando que esses recursos podem dar vida aos indivíduos questionadores

Nesse mundo virtual, o papel do professor modifica-se. De acordo com Valente (1998), “a verdadeira função do aparato educacional não deve ser a de ensinar, mas sim a de criar condições de aprendizagem”. Usar o computador dentro e fora da sala de aula como uma ferramenta de apoio, no momento propício, é fundamental para o sucesso do conjunto aluno-máquina. Saber lidar e adaptar-se ao manuseio de equipamentos voltados à docência, utilizando-os em todo o seu potencial, é o objetivo central desse processo [Aoki 2001]. Como o saber não é algo imutável ou uma cópia acabada [Freire 1996], é necessário alcançar novos horizontes, romper as barreiras e transformar a realidade vivida, isto é, construir o conhecimento.

3.2. O Papel do Professor e os Ais

De acordo com as orientações da nova LDB, existem recomendações para que os professores entrem em contato com as novas linguagens de comunicação, utilizando-as em sua prática docente [MEC, 2002].

As IESs necessitam de docentes qualificados e com disposição para aprender a usar os AIs. Por esse motivo, educadores, desde que comprometidos com o ensino, não podem colocar esses ambientes fora das práticas didáticas. O computador na Educação provocou reflexões quanto ao papel do professor. O acesso cada vez mais facilitado a um grande arsenal de informações contribui para desmistificar a figura do professor como o detentor e transmissor de todo o conhecimento. O professor passa a atuar como organizador da aprendizagem, não tendo que assumir a antiga condição de simples detentor de conhecimentos e de reproduzi-los sem contribuir para que a turma de alunos tenha comportamento ativo no processo de aprendizagem. Segundo Silva e Azevedo (2001), é necessário investir na formação dos professores, no sentido de que esses utilizem adequadamente os recursos da informática em sua prática educacional. Isso aponta para o fato de que há necessidade de repensar a prática docente do Ensino Superior.

3.3. As IESs e o Computador na Educação

Com a expansão da TI, os recursos computacionais vêm sendo disponibilizados aos alunos cada vez em maior escala, uma vez que a oferta desses recursos vem sendo considerada pelas instituições de ensino superior privado como uma estratégia de conquista de demanda, ou seja, um fator positivo para atrair alunos.

As IES precisam definir sua posição e seu espaço nesse novo mundo, em que a

informação e o conhecimento são obtidos de forma diversificada, em amplo número de fontes. Nesse novo contexto, educar deve ser, então, colaborar para que alunos estejam inseridos num processo permanente de aprendizagem. Só assim, terão consciência da evolução acelerada do arsenal de informações e de conhecimentos aos quais está submetido. Segundo Wreford (2003), a simples aquisição de computadores, por parte das IESs, não é o suficiente para afirmar que elas já se encontrem dentro do processo de aprendizagem informatizado, uma vez que, mais importante do que adquirir recursos computacionais, é saber como usá-los para oferecer uma educação de qualidade.

Sem que o professor tenha uma formação adequada, o computador torna-se uma “peça de adorno” dentro das IESs. Acrescenta-se a isso a afirmação de que essas instituições têm encontrado dificuldades de formar professores para lidar com essa tecnologia [Arruda 2007]. Seguindo a mesma idéia, Strauss (2003) afirma que, dentro das IESs públicas e privadas, o que impede o uso dos AIs é a própria falta de professores habilitados para usá-los. Destaca, ainda, a dificuldade das instituições em dispor de professores que utilizem em suas aulas as tecnologias educacionais, acentuando que os alunos não teriam acesso a AIs, apesar da considerável existência de softwares educativos. Cria-se nesse quadro, um impasse, quando se observa de um lado uma ampla demanda de indivíduos que precisariam acessar as TIs e, do outro lado, uma grande oferta de recursos e pouca coisa acontecendo nas instituições, fortalecendo-se aí a hipótese de que os professores enfrentam dificuldades em lidar com a informatização.

Não é pouca a quantidade de software educativos produzidos [Campos 2001], que tem sido comprados por IESs, sendo que grande parte desses sistemas são de baixa

qualidade [Silva e Azevedo 2001]. De um lado a aparente ampla oferta de recursos computacionais nas IESs, e de outro lado, professores despreparados para integrar a TI ao processo educativo. Assim, faz-se necessário um questionamento mais amplo: os professores realmente utilizam os softwares educacionais e a Internet? De que forma isto acontece? A partir desse questionamento inicial, moldou-se a investigação sobre o uso de AIs pelos professores de Informática em IESs.

3.4. A Resistência ao Uso dos AIs

Mesmo diante do desenvolvimento acelerado da Tecnologia e da Comunicação, muitos docentes ainda se restringem à utilização de vídeos e ao retro projetor como recursos durante a sua prática de ensino [Belintane 2000], demonstrando uma resistência ao uso das tecnologias. Os profissionais da Educação trazem consigo uma grande resistência a novos métodos na educação e existem poucos docentes qualificados a utilizarem ferramentas informatizadas [Grégio 2004].

Segundo Aoki (2001), o cenário atual das escolas é de profissionais arraigados a métodos de ensino tradicionais e visão de transmitir conhecimentos, deixando de lado, a construção desses conhecimentos, mesmo usufruindo de todos os recursos que a Informática proporciona. Mudar a forma tradicional de ensino é um grande desafio e requer um enorme investimento, tanto em termos de capacitação, quanto em termos de mudança de cultura dos profissionais da educação. Mesmo com a multiplicação de programas voltados para a capacitação dos educadores no uso da informática, os resultados ainda são modestos no sistema educacional como um todo [Silva e Azevedo 2001]. Faz-se necessário que o professor tenha uma formação tecnológica complementar, para que o mesmo utilize

como estratégia educativa os recursos computacionais [Valente 1998]. Em concordância, Aoki (2001) afirma que a resistência da maioria dos docentes é eminente, mesmo quando as escolas oferecem cursos e infra-estrutura para qualificação docente. Com base nas reflexões apresentadas acima, é possível afirmar que ainda existe um grande número de docentes sem formação para atuarem com tecnologia e com pouca ou nenhuma motivação para utilizar AIs em sua prática educacional.

4. A Metodologia do Estudo

O referencial metodológico deste trabalho foi Chizzotti (2003). Com base nesse referencial, pode-se afirmar que foi usado estudo de caso e pesquisa quanti-qualitativa. Na primeira parte desta pesquisa, foi realizado um levantamento bibliográfico, considerando os assuntos: possibilidades de utilização AIs no processo ensino-aprendizagem e formação de professores no uso desses AIs. O cenário da pesquisa consistiu-se em duas IESs, denominadas IES A e IES B, a primeira localizada em Nova Iguaçu e a segunda no Rio de Janeiro.

A escolha dessas instituições foi feita pela importância estratégica que elas possuem no Estado do Rio de Janeiro. Foram aplicados questionários aos professores dessas instituições, nos cursos de Informática, com o propósito de coletar informações relativas ao uso dos AIs. Além disso, também, aplicou-se aos coordenadores desses cursos um questionário, destinado ao levantamento das informações, relativas à infra-estrutura para funcionamento do curso, realizaram-se entrevistas com os alunos, professores e coordenadores. Nesse caso, foram escolhidas duas turmas de último período dos cursos de graduação em informática, uma em cada instituição, constituídas de 20

alunos, cada; 4 professores dessas turmas, dois de cada turma, e dois coordenadores de curso, um de cada instituição, num total de 46 indivíduos. Nas IESs A e B, 14 e 11 professores responderam ao questionário respectivamente, ambas totalizando 35%.

Considerou-se como subutilização o uso inadequado dos AIs, tendendo a reproduzir procedimentos tradicionais caracterizados como máquina de ensinar, abordados anteriormente nesse estudo. O que se contrapõe a isso consiste em construir conhecimento usando o computador como ferramenta de aprender.

5. Descrição dos Resultados: como os AIs são usados pelas IESs no processo de aprendizagem

Com base nas respostas obtidas, por intermédio das entrevistas e dos questionários, observou-se que as IESs possuem infra-estrutura para adotar o uso de AIs na prática docente. Ao serem questionados sobre a forma de utilização do computador, a maioria dos professores, relatou que o fazem para realizar tarefas pessoais de trabalho (e-mail, edição de textos, de tabelas, ferramentas da Internet e etc), e apenas uma pequena parcela citou sua utilização como auxiliar no processo de aprendizagem (Figura 1).

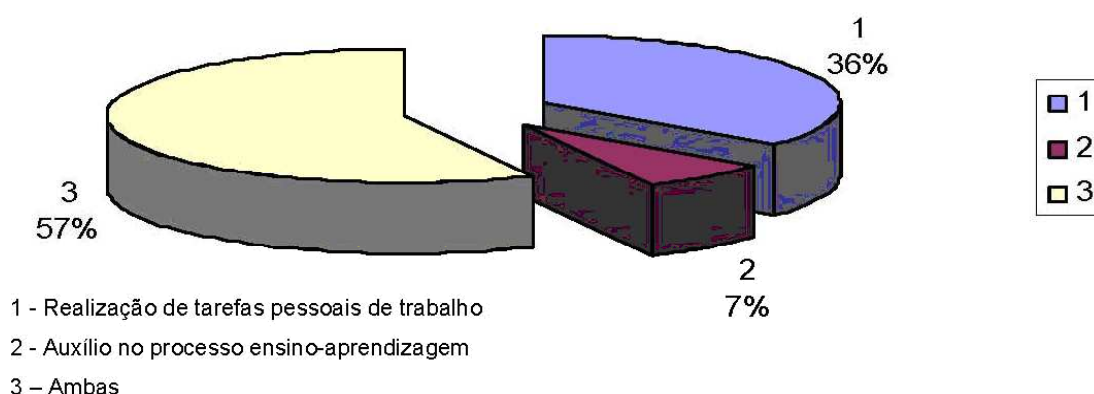


Figure 1 - Utilização de ambientes computacionais

Os docentes, que responderam **NÃO** utilizar o computador em suas atividades educativas, revelaram como principal fator dessa postura, uma tentativa frustrada do uso do computador. Nenhum desses indivíduos mencionou os motivos: a) falta de conhecimento para usar o computador, b) posição contrária ao uso, c) falta de horário para uso dos laboratórios e d) falta de

incentivo por parte da Instituição. Como nenhum dos entrevistados optou pela falta de conhecimento e/ou posição contrária ao uso, pode-se afirmar que todos, de alguma forma, acharam estar aptos para usar o computador na prática educacional.

Em relação ao uso do computador pelos alunos, os resultados apontaram que 12% utilizavam softwares educativos e 16% em

revisão das aulas ministradas. A interação com jogos educativos apresentou um percentual de 4%. Quanto à opção sobre a interação com simuladores de modelos, pode-se afirmar que sua percentagem se revelou nula. O uso de planilhas, editores e outros recursos afins mostrou-se significativo, pois 32% dos professores assinalaram essa opção e o mesmo percentual (32%) afirmou construir o

conhecimento. No caso do desenvolvimento de soluções automatizadas para resolver problemas, também, foi revelado um resultado (4%) pouco expressivo (Figura 2). Observou-se que a maioria dos entrevistados assinalou opções que se enquadram na abordagem máquina de ensinar, caracterizando-se uma subutilização dos AIs.

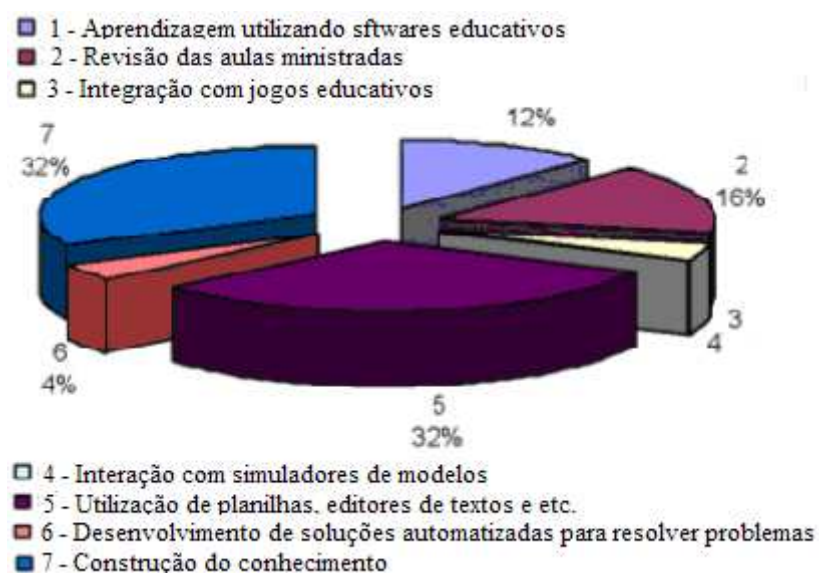


Figura 2 - uso do computador pelo aluno.

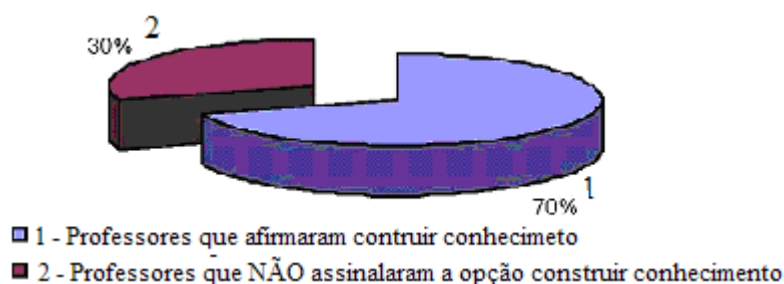


Figura 3 - Uso de Ambientes Informatizados na construção do conhecimento.

Dos entrevistados, a maioria afirmou utilizar o computador para construir

conhecimento (Figura 3), pode-se constatar (Figura 4 e Figura 5), que a maioria dos

professores entraram em contradição, pois não assinalaram nenhuma das opções que

tivessem conformidade com a abordagem computador como ferramenta de aprender.

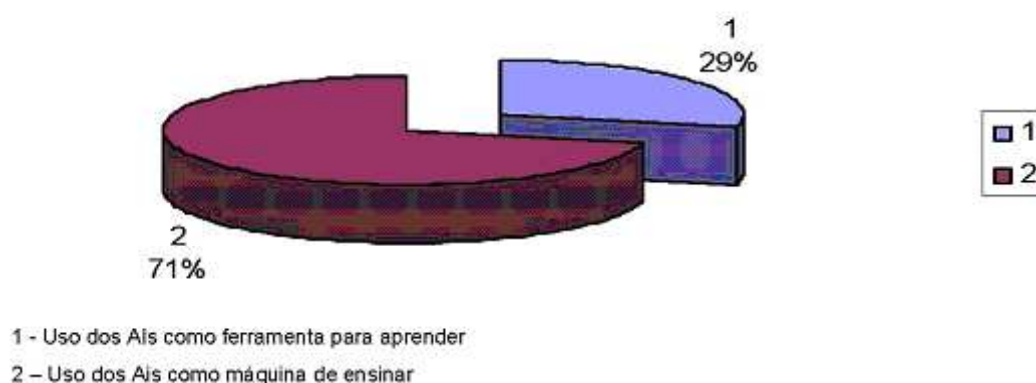


Figura 4 - Ferramenta para aprender x Máquina de ensinar.

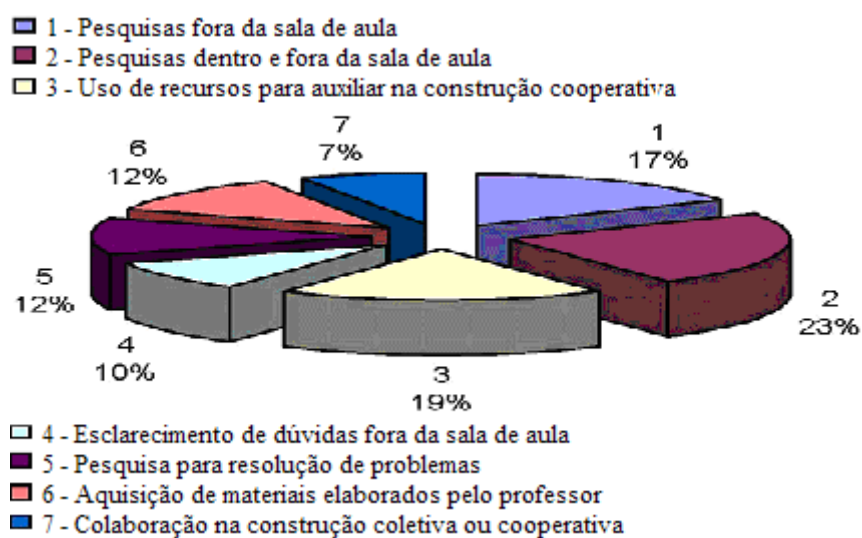


Figura 5 - Utilização da Internet pelo aluno.

Os resultados obtidos (Figura 5) na questão “o aluno utiliza a Internet para...” foram: com relação a pesquisas fora da sala

de aula, 17% fez uso dessa opção. E, quanto às pesquisas dentro e fora da sala de aula, o número resultante foi maior que a do item

anterior. Ou seja, 23% dos entrevistados assinalaram essa alternativa. O uso de recursos para auxiliar na construção cooperativa atingiu 19%. As opções sobre esclarecimento de dúvidas fora da sala de aula e pesquisa para resolução de problemas registraram 10% e 12%, respectivamente. O percentual correspondente a aquisição de materiais elaborados pelo professor foi de 12%. Finalizando com um índice não expressivo em relação aos itens anteriores, está a opção — “colaboração na construção coletiva ou cooperativa”, que contabilizou apenas 7%. Com os resultados obtidos, pode-se afirmar que, dentre os professores que utilizaram a Internet no processo de ensino, 45% não usam a abordagem ferramenta de aprender e, conseqüentemente, não contribuem para a construção do conhecimento.

Os alunos apontaram que utilizam a internet para pesquisas tanto dentro como fora da sala de aula para resolução de problemas e registraram que também a utilizam para aquisição de materiais elaborados pelo professor. Um índice não expressivo na segunda IES fez referência quanto à utilização para “colaboração na construção coletiva ou cooperativa”.

6. Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo apresentar esclarecimentos sobre algumas questões relativas ao uso dos AIs na prática docente do Ensino Superior, em instituições privadas em cursos da área de Informática. Considerou-se como subutilização o uso inadequado dos AIs, tendendo a reproduzir procedimentos tradicionais categorizados como máquina de ensinar. O que se contrapõe a isso consiste em construir conhecimento, usando uma abordagem em que o computador é uma ferramenta de aprender.

Apesar dos resultados não poderem ser generalizados, visto que ainda são parciais, tendo em vista que, como perspectivas futuras, a pesquisa será aplicada a uma quantidade maior ou mais expressiva de IES, pode-se afirmar que o trabalho trouxe e ainda trará contribuições teóricas e práticas quanto à satisfação do objetivo proposto, já que indicou um caminho possível para descobrir se os docentes utilizavam os AIs em sua prática e como esse uso se estabelecia. Mais especificamente, concluiu-se que: a) as IESs pesquisadas possuem infra-estrutura para adotar o uso de AIs na prática docente; b) a maioria dos professores afirmaram usar os computadores para realizar tarefas pessoais; c) aqueles docentes que não utilizavam o computador em suas atividades educativas revelaram que ficaram frustrados em tentar usá-lo, mas nenhum alegou falta de conhecimento e/ou posição contrária ao seu uso; d) a maioria dos entrevistados utilizavam AIs na **abordagem máquina de ensinar**, ou seja, subutilizam esses recursos; e) do rol dos professores que afirmaram utilizar os AIs na prática educativa para apoiar a construção do conhecimento, a maior parte entrou em contradição, porque não assinalaram usar os recursos (simuladores, ambientes automatizados para solução de problemas e outros) enquadrados na **abordagem computador como ferramenta para aprender com** e f) dos professores que disseram utilizar a Internet no processo educativo, 45% não a utilizavam para apoiar a construção do conhecimento.

Referências

- [1] AOKI, J. M. N. (2001). *O computador como instrumental na prática pedagógica e o PROINFO*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- [2] ARRUDA, Eucidio Pimenta. (2007) *Tecnologias na Educação*. Disponível em: <http://www2.fiemg.com.br/ead/site-ead/artigos.htm>. Acessado em: 27/06/2007.
- [1] BELINTANE, C. (2000) *Relatório de pesquisa preparatória do curso Ambiência de Leitura*. São Paulo.
- [4] CAMPOS, Gilda. (2001) *Escola Internet: formação e treinamento online*. Disponível em: http://www.timaster.com.br/revista/colun.../ler_colunas_emp.asp%cod=33. Acessado em: 15/08/2001.
- [5] CHIZZOTTI, Antônio. (2003) *Pesquisa em ciências humanas e sociais*. São Paulo, Cortez.
- [6] DELORS, J. (2001) *Educação: um tesouro a descobrir*. São Paulo, Cortez.
- [7] FREIRE, Paulo. (1996) *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo, Paz e Terra.
- [8] GRINSPUN, Mírian P.S. Zippin. (1999). Educação tecnológica. In MÍRIAN, P.S. Zippin Grinspun (org), *Educação tecnológica: desafios e perspectivas*. São Paulo, Cortez.
- [9] MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO (MEC) (2002) *Ajuda on-line para utilização do sistema SAPIENS/MEC*. Disponível em: <http://www2.mec.gov.br/sapiens/Manual.htm>. Acessado em: 24/05/2002.
- [10] MORAN, J. M. (2000). Ensino e aprendizagem inovadores com tecnologias audiovisuais e telemáticas. In MORAN, J. M. (Org), *Novas tecnologias e mediação pedagógica*. Campinas, Papirus.
- [11] PETRY, P. e FAGUNDES, L. (1996). Metodologia de intervenção no ambiente Logo. In Valente, José Armando. (org.), *O professor no ambiente Logo: formação e atuação*. Campinas, UNICAMP/NIED.
- [12] SANTOS, Robinson dos. (2004) O professor e a produção do conhecimento numa sociedade em transformação. *Revista Espaço Acadêmico*. nº 35, Abril. Disponível em: http://www.espacoacademico.com.br/035/35pc_santos.htm. Acessado em: 20/11/2004.
- [13] SILVA JÚNIOR, J.R. (2003) Reformas do Estado e da educação e as políticas públicas para formação de professores a distância: implicações políticas e teóricas. *Revista Brasileira de Educação*. nº 24, p.78-94, Set./Dez. 2003.
- [14] SILVA, CMT e AZEVEDO, N. S. N. (2001) Mudanças na formação de professores: proposta de estratégia em relação às tecnologias de informação e comunicação. *Revista Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*. Vol. 9, nº1, p.193-204, Abr./Jun. 2001.
- [15] STRAUSS, Luis Renato. (2003) Escola pública terá verba para a banda larga. *Folha de São Paulo*, 25 de Out. Disponível em: <http://cei.edunet.sp.gov.br/paginas/noticias/noticias-outras.htm>. Acessado em: 11/11/2004.
- [16] VALENTE, José Armando. (1998) *Computadores e conhecimento: repensando educação*. Campinas, UNICAMP/NIED.
- [17] VALENTE, José Armando. (2003). *Curso de Especialização em desenvolvimento de projetos pedagógicos com o uso de novas tecnologias: descrição e fundamentos*. In VALENTE, José Armando e PRADO, M.E.B.B. e ALMEIDA, M.E.B. (orgs),

Educação a Distância via Internet. São Paulo, Avercamp.

- [18] WREFORD, Jane. (2003) Gestão do ensino público em S. Paulo. *Braudel Papers*, nº 33. Disponível em: <http://www.braudel.org.br/paper33a.htm>. Acessado em: 15/11/2004.

Abstract

This article presents the reasons for the which it happens the inappropriate or no use of the computational resources, in the Superior Education in computer science in the private institutions, indicating a possible direction to discover as the teachers used those resources in his practice.

Keywords: Superior Education, Computer Science, Teaching Methodologies.

A contribuição da tecnologia da informação na gestão estratégica de instituição de ensino privada: uma abordagem para o estudo de cenários

Altamar Sales de Oliveira, COPPE/UFRJ

altemarsales@ufrj.br

Rosa A. S. M. da Motta, UFRJ

rasmml@ufrj.br

Saulo Bárbara de Oliveira, COPPE/UFRJ

saulo@pep.ufrj.br

Resumo

Este trabalho aborda a aplicação da Tecnologia da Informação no estudo de cenários utilizado pelas Instituições de Ensino Superior (IESs) privadas, tendo em vista ajustar o seu planejamento, face às modificações da política educacional implantadas pelo Governo Federal. Nesse sentido, o SAGEU (Sistema de Apoio à Gestão Estratégica Universitária) oferece um ambiente para suporte à análise ambiental, visando estender a metodologia de planejamento proposta por Tachizawa e Andrade (1999), favorecendo a organização das informações, de modo que haja uma gestão universitária eficiente, e a integração entre Avaliação Institucional e o planejamento institucional, desenvolvidos em IESs privadas.

Palavras-chave: Tecnologia da Informação; Gestão Estratégica; Planejamento Estratégico; Construção de Cenário.

1. Introdução

Guardadas as devidas proporções, como qualquer organização, as Instituições de Ensino Superior (IESs) privadas, que possuem a maior parcela das matrículas e devem conciliar a sobrevivência no mercado com qualidade, têm por objetivo principal satisfazer às necessidades de uma comunidade/sociedade cada vez mais exigente, que lhes dá crédito, prestando serviços de ensino, pesquisa e extensão de qualidade. Para sobreviver no mercado diante dessa realidade, as IESs devem estabelecer um caminho (estratégia) para aproveitar as oportunidades e evitar os riscos que o ambiente lhes oferece (OLIVEIRA, 1997).

As IESs, de uma forma geral, nas últimas décadas, estão se defrontando com a necessidade de melhorarem a qualidade do

processo de aprendizagem e de se manterem atendendo às expectativas da população (RODRIGUES, 2002), tendo inclusive que satisfazer a várias exigências do Estado com respeito à implantação de uma cultura de avaliação e planejamento institucional. Para enfrentarem os desafios⁵, as organizações vêm investindo cada vez mais em planejamento e em Tecnologia da Informação (TI). Sendo um conjunto de recursos computacionais para a geração e uso da informação (REZENDE, 2001), a TI assume o papel de instrumento que dá suporte à infra-estrutura organizacional estabelecida para o planejamento.

⁵ Consiste na realização que deve ser continuamente perseguida, perfeitamente quantificável e com prazo estabelecido, exigindo um esforço extra e a modificação de uma situação.

Diante disso, é possível que, em concordância com Tachizawa e Andrade (1999), Coutinho (1997), Filho (2000), Mesomo (1999) e Neiva e Lapa (1996), guardadas as devidas particularidades das IESs, os conceitos relativos ao planejamento organizacional abordados pela área de Administração possam ser aplicados nessas organizações.

Assim, durante a Avaliação Institucional (AI), podem ser utilizadas a análise dos ambientes e a construção de cenários⁶ abordados por Tachizawa e Andrade (1999). Este artigo visa apresentar o SAGEU (Sistema de Apoio à Gestão Estratégica Universitária), um recurso computacional elaborado por Motta (2004) e aplicado a uma IES privada, cuja finalidade é apoiar essa construção. Está organizado da seguinte forma: primeiramente, é apresentado o contexto de avaliação e planejamento de uma IES privada, ao qual esse trabalho se refere; depois, o referido recurso é brevemente descrito com o objetivo de fornecer ao leitor uma visão geral desse recurso, já que, em seguida, uma experiência com o seu uso é relatada, particularmente no estudo de cenários. Finalmente, alguns comentários são apresentados.

2. Planejamento em IESs Privadas: adequação à Avaliação Institucional e o SINAES

Apesar das diferentes abordagens na conceituação devido à ênfase dada a um ou mais aspectos envolvidos, há uma concordância no fato de que a AI é uma ferramenta de apoio ao planejamento institucional (SOBRINHO, 2000), (BELLONI, 2000), (GRINSPUN, 2001), (BOTH, 1992), (SOUZA, 2002) e

(BARROS, 1997). Gurgel (2000), Lauriti (2000) e Rasco (2000), autores na área de Educação, enfatizam a negociação, a colaboração e a cooperação no processo avaliativo, o que está de acordo com o conceito de planejamento participativo defendido por Gandin (1994).

Nunes et al. (2000) acreditam que as barreiras para o desenvolvimento permanente da AI nas IESs são de ordem cultural. Uma forma de vencer tais barreiras é fazer com que o processo avaliativo seja estabelecido com a participação da comunidade acadêmica e com as características que possam favorecer o sucesso de sua implementação, como é o caso da não-punição. Com essa mesma linha de pensamento, o Governo Federal, por meio da Lei n. 10. 861, de 14 de abril de 2004, ajustou o sistema de avaliação do Ensino Superior, dando ênfase à auto-avaliação ou avaliação interna, criando o SINAES (Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior). Dentre as atividades que devem ser executadas na avaliação interna da IES, encontram-se a coleta e a análise de dados e informações. Um dos pré-requisitos para que o processo avaliativo funcione na prática consiste na definição de recursos que possibilitem a geração e a divulgação de informações válidas e confiáveis. Outro pré-requisito consiste no estabelecimento de mecanismos que permitam o uso efetivo dos resultados para realização do planejamento institucional.

A pesquisa elaborada por Motta (2004) investigou que ferramentas da TI deveriam ser usadas para dar suporte ao planejamento, enfatizando a coleta de informações, a análise ambiental e os aspectos internos organizacionais em direção à definição das estratégias⁷, metas⁸ e outros conceitos

⁶ É um conjunto de previsões que possui como base as hipóteses que servirão à tomada de decisão e à elaboração do plano estratégico.

⁷ É uma ação relacionada com os objetivos e desafios, e os modos de perseguir-los, que afetam a empresa como um todo.

oriundos da área de Administração e abordados em (OLIVEIRA, 1997), (Tachizawa e Andrade 1999), além da integração entre o planejamento e a AI, como previsto na legislação educacional. Para que esse suporte fosse efetivado, a referida pesquisa modelou o Sistema de Apoio à Gestão Estratégica Universitária - SAGEU (MOTTA, 2004).

3. O SAGEU e o Planejamento Institucional

Considerando o conhecimento acumulado durante o estudo realizado por Motta (2004), é possível afirmar que as atividades essenciais, no decorrer do processo de planejamento, são: negociar, detectar conflitos, analisar históricos com dados consolidados, analisar ambientes, elaborar estratégias, metas, ações e projetos, acompanhar projetos, além de produzir e monitorar orçamentos. A fim de apoiar essas atividades, o SAGEU foi modelado, tendo em vista dar suporte às fases da metodologia de planejamento para IESs privadas. Esse sistema oferece as opções de gestão de Conflitos, Análise Ambiental, Orçamentos, EMA (Estratégias, Metas e Ações), Projetos, Negociação e Históricos, além de Ajuda e Sair. Os conceitos de metas, projetos, planos⁹, estratégias, ações, pontos fracos¹⁰ e fortes¹¹, macropolíticas¹²,

macroestratégias¹³ e análise da conjuntura¹⁴, os quais serão descritos mais adiante neste trabalho, são os mesmos considerados por Oliveira (1997) e por Tachizawa e Andrade (1999).

Quando o usuário escolhe a opção Negociação, é acionado o módulo denominado Negociador. O negociador é um ambiente computacional capaz de apoiar as negociações durante o planejamento. Pode-se negociar indicadores/questões, instrumentos (questionários, entrevistas e outros), divulgação de resultados e calendário relativos ao processo de auto-avaliação e, também, as prioridades (por curso e instituição) e o orçamento referentes à definição de projetos, metas e estratégias.

Ao escolher Conflitos, o módulo Detector de Conflitos é ativado. É preciso esclarecer o que significa conflito nesse contexto. A avaliação interna em uma IES revela a visão de cada um dos segmentos universitários: professores, alunos, funcionários e gestores. Poderia acontecer, então, uma divergência de visões, com relação ao indicador qualidade do acervo de um determinado curso. Os alunos avaliaram a qualidade do acervo como péssima, mas os professores a consideraram regular. Esse conflito de visões deve ser descoberto com facilidade e resolvido, no sentido de se obter uma lista de pontos fracos próximos da realidade da IES. Na verdade, esse módulo apenas detecta possíveis conflitos e gera uma listagem dos mesmos.

O Mantenedor de Histórico, que pode ser acionado quando o usuário escolhe a opção

⁸ É realizada para alcançar o desafio, permitindo melhor distribuição e controle dos resultados concretizados.

⁹ Conjunto de partes comuns dos diversos projetos quanto ao assunto que está sendo tratado.

¹⁰ Desvantagens sobre as quais a empresa pode exercer controle, desde que conhecidas.

¹¹ Vantagens estruturais que podem ser monitoradas pela empresa.

¹² São grandes orientações que a empresa como um todo deve respeitar, as quais facilitarão e agilizarão suas ações.

¹³ São as grandes estratégias e caminhos que a empresa adotará com o objetivo de atuar para cumprir sua missão.

¹⁴ Utilizada quanto se trata de fazer uma análise ambiental de uma empresa.

Histórico, possibilita: consolidação dos dados em informações úteis num intervalo de tempo, guardando os retratos situacionais em estudo; manutenção das decisões tomadas sobre os elementos durante a execução do processo de planejamento, armazenando os conflitos resolvidos; emissão de relatórios dos dados quantitativos, mostrando queda/evolução; manutenção de compromissos firmados; emissão de listagem de conflitos resolvidos; consolidação dos dados quantitativos, dos indicadores, das negociações, dos conflitos e dos resultados das avaliações. Exemplificando, no segundo período de 2002, uma unidade decidiu que o indicador qualidade do acervo iria ser eliminado do rol de indicadores pertinentes à aplicação de um ciclo da auto-avaliação.

No caso da definição e do acompanhamento de projetos, o usuário seleciona a opção Projetos, que ativa o Gerente de Projetos. A partir dos pontos fracos e fortes são criadas as ações que podem ser colocadas em execução ou concretizadas por intermédio do andamento de um projeto.

Ao escolher a opção EMA, o usuário aciona o módulo Elaborador de Metas, Ações e Estratégias. A idéia é que esse módulo permita ao usuário definir as macropolíticas, as macroestratégias, as estratégias, as metas e ações, que comporão o plano estratégico da IES, com base nos dados mantidos pelo Analisador de Ambientes, descrito mais adiante neste trabalho.

O SAGEU oferece a opção Orçamentos, a partir da qual é acionado o módulo chamado Gerente de Orçamentos, que realiza e acompanha o orçamento no nível gerencial e no estratégico. Cada unidade pode elaborar e acompanhar o seu orçamento e, no nível estratégico, um orçamento institucional é criado e ajustado, possibilitando a transferência segura de

recursos, de acordo com a determinação de prioridades.

Em se tratando de análise dos ambientes externo e interno, o usuário, optando pela Análise Ambiental, ativa o módulo Analisador de Ambientes. Quanto à análise interna (Figura 1), o usuário pode escolher: pontos fracos ou fortes; a amplitude da análise (curso ou instituição); indicadores/categorias para análise; as visões (professor, MEC, aluno e cálculo interno, referente a cálculos de indicadores em avaliações internas); período de análise (semestral ou anual) e o tipo de visualização dos dados (tabela ou gráfico).

Quanto à escolha dos indicadores/categorias, existem sete opções: a) indicadores financeiros, b) indicadores de infra-estrutura, c) indicadores que são oriundos da avaliação das disciplinas pelos professores e alunos da IES (Conteúdo programático, carga horária, integração com outras disciplinas e outros), d) indicadores relativos à avaliação docente pelos alunos (Assiduidade, Pontualidade, Domínio do conteúdo programático e outros), e) indicadores de recursos humanos (Percentual dos docentes com mestrado, Estímulos profissionais, Índice de mestres e doutores e outros), f) indicadores usados nas avaliações externas (promovidas pelo MEC) e g) indicadores quantitativos (Índice de evasão, Número de alunos/professor, Taxa de ociosidade e outros).

A Figura 1 mostra o resultado da interação de um usuário que tenha escolhido as opções pontos fracos, amplitude do curso (tendo como *default* a opção instituição), indicadores de infra-estrutura, visões professor, MEC e aluno, período por semestre e visualização por meio de tabela e, em seguida, acionado o botão Efetuar Consulta: ficam disponíveis, sala de aula, instalações administrativas e outros, apontados pelo sistema como pontos fracos da infra-estrutura institucional.

É possível observar que o indicador sala de aula foi apontado como ponto fraco institucional e essa indicação foi realizada pelos alunos, bem como pelos professores, em avaliações internas da IES no primeiro período de 2004. Essa informação contribui para que o usuário possa decidir se o recurso sala de aula será escolhido como ponto de melhoria ou não.

Com o auxílio do mouse, pode-se arrastar um indicador/ponto fraco para a caixa Pontos de Melhoria. Pode ser observado que Espaço físico para laboratórios foi escolhido como ponto de melhoria. Nota-se que aparece a coluna Curso, contendo os Cursos, para os quais um determinado indicador foi apontado como fraco. Sala de aula foi sinalizado como fraco nos cursos de Letras e de Informática. O SAGEU fornece a possibilidade de se enquadrar um ponto de melhoria em uma categoria estratégica, que existe no sistema ou que pode ser acrescentada. A idéia é que cada categoria estratégica esteja associada a um grupo de pontos de melhoria e que, posteriormente, cada categoria corresponda a uma estratégia. Para cada ponto de melhoria podem, então, ser definidas metas e ações. Pontos classificados como fracos tornam-se pontos de melhoria e podem ser enquadrados em uma categoria estratégica; classificados como pontos fortes, tornam-se forças da IES e podem ser enquadrados em uma categoria estratégica.

Existe uma relação estreita entre os módulos componentes do SAGEU. A partir dos pontos de melhoria, ameaças¹⁵, oportunidades¹⁶ e forças, classificados em categorias estratégicas, os gestores do nível

estratégico definem as macroestratégias e as macropolíticas institucionais. E, com base nessas, os gestores do nível gerencial definem estratégias, metas e ações no nível de unidades da IES.

4. As IESs, seus Ambientes e Cenários

Para Tachizawa e Andrade (1999), uma análise ambiental consiste no estudo da conjuntura, em que é recomendável o uso de cenários. Cenário é um conjunto de previsões que possui como base as hipóteses que servirão à tomada de decisão (contra as ameaças e a favor das oportunidades) e à elaboração de políticas, planos de ação, planos operacionais e, principalmente, plano estratégico.

Existem várias técnicas para a projeção de cenários, dentre as quais, encontra-se o monitoramento ambiental, por intermédio do acompanhamento sistemático do meio ambiente, envolvendo a obtenção de informações genéricas de jornais, revistas, publicações especializadas e coleta de dados específicos junto a institutos e órgãos oficiais, as quais são chamadas notícias durante a interação com o SAGEU.

Os cenários podem ser agrupados de acordo com as perspectivas de viabilidade: cenários otimistas, pessimistas e mais prováveis. Um exemplo de construção de cenários numa IES, considerando a perspectiva de viabilidade dos cenários mais prováveis e a técnica de projeção de cenários citada anteriormente, é apresentado a seguir, utilizando o protótipo do SAGEU.

Cada usuário desse sistema pode escolher os itens de cenários a partir de um conjunto de notícias. Após a construção do cenário correspondente a cada grupo de variáveis descritas anteriormente, o usuário pode compor sua análise da conjuntura. A partir dos itens de cenários são escolhidas as possíveis ameaças e oportunidades da IES,

¹⁵ São forças ambientais não controladas pela organização, que criam obstáculos para que esta execute a sua estratégia.

¹⁶ Força ambiental, também fora do poder de ação da instituição, mas que pode favorecer a estratégia formulada por ela.

que por sua vez, serão enquadradas em categorias estratégicas, que são grupos de itens para os quais deverão ser definidas estratégias para controle das ameaças e utilização das oportunidades. Os cenários também podem estar categorizados em três dimensões: macroeconômico, setor das instituições e dimensão IES.

A primeira dimensão trata com variáveis agrupadas em Macroambiente Clima. Essas variáveis são direta ou indiretamente decorrentes de ações do poder político como inflação, política governamental, PIB, e demais variáveis econômicas e legais. Mudanças no sistema de crédito estudantil e na legislação educacional afetam as IESs

privadas. Os efeitos dessa dimensão afetam as IESs públicas e privadas, porém, em intensidade diferente. A Figura 2 mostra o resultado da interação de um dos responsáveis pela análise ambiental externa de uma IES, realizada na etapa diagnóstico da metodologia abordada por Motta (2004), usando SAGEU, depois da criação do cenário. Nesse caso, gestores voluntários dessa IES executaram algumas atividades relativas a essa etapa. Depois, foram entrevistados acerca de sua experiência com esse sistema. A interação de um desses participantes está sendo apresentada a seguir.

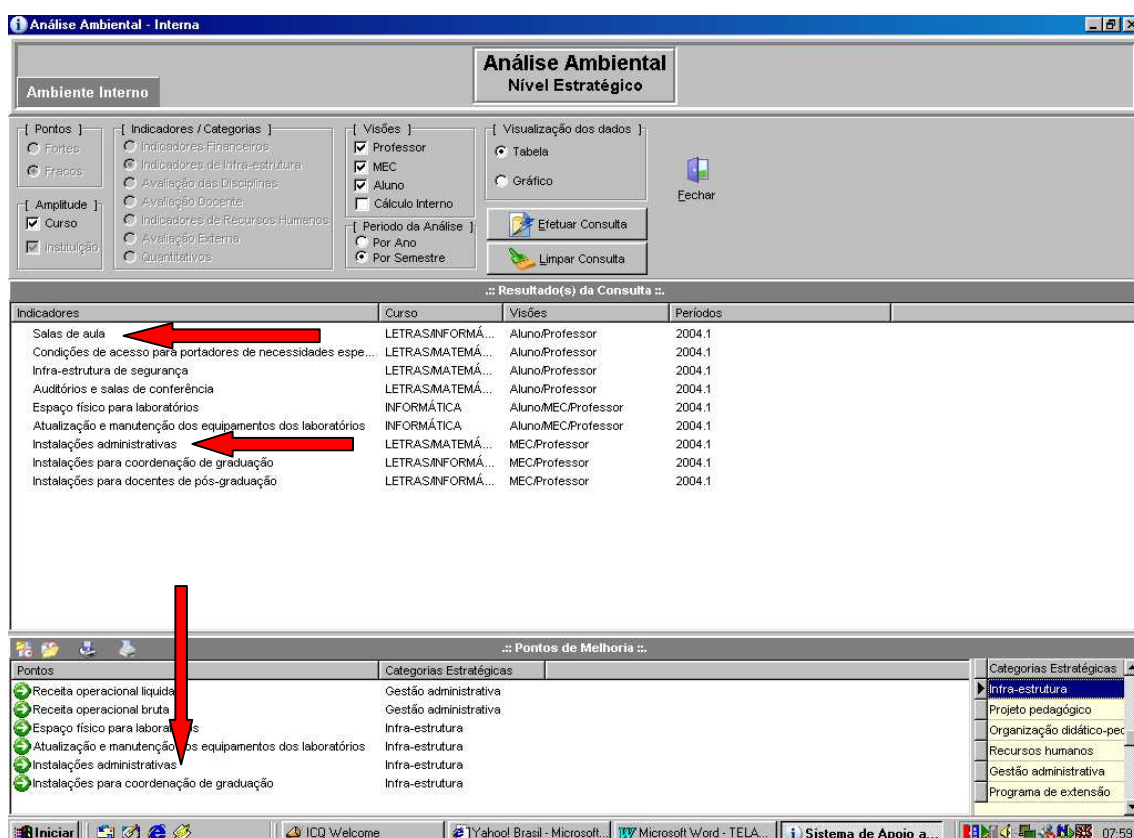


Figura 1- Tela sobre Análise Ambiental Interna

Observa-se que para o grupo de variáveis Macroambiente Clima (Figura 2), o tipo de cenário apresentado na caixa Itens do Cenário foi o Macroeconômico mais provável. A notícia “Emprego começa a aparecer, mas a renda do brasileiro está cada vez menor” foi escolhida como item de cenário, podendo ser visualizada, também, na caixa Itens do Cenário. Esse usuário selecionou três itens de cenários como oportunidades, movendo-os para a caixa Oportunidades e enquadrando-os em categorias estratégicas. A decisão desse participante, em tornar esses itens oportunidades, ficou registrada na base de dados do SAGEU.

A segunda dimensão (o setor das instituições) considera as variáveis agrupadas em Macroambiente solo. Um exemplo de variável pertencente a esse grupo é a renda da população. Podem ser

incluídos também os dados sobre a população e suas características. Renda e distribuição geográfica da população podem interferir no crescimento das matrículas de uma IES privadas. Um segundo cenário foi construído no SAGEU a partir das notícias agrupadas no Macroambiente Solo. Três itens de cenários tornaram-se oportunidades, classificados em categorias estratégicas. Nesse caso, o usuário selecionou o item de cenário “A desigualdade e a pobreza aumentaram de 1990 a 2003”, para a caixa Ameaças. Em IES particular, esse item poderá acarretar a inadimplência. Essa Ameaça poderá dar origem, também, a atividades extensionistas para a comunidade visando à prevenção da violência.

Dessa forma, pode-se criar a categoria estratégica Programas de Extensão, mas o usuário resolveu associá-la à categoria Gestão administrativa criada por ele mesmo.

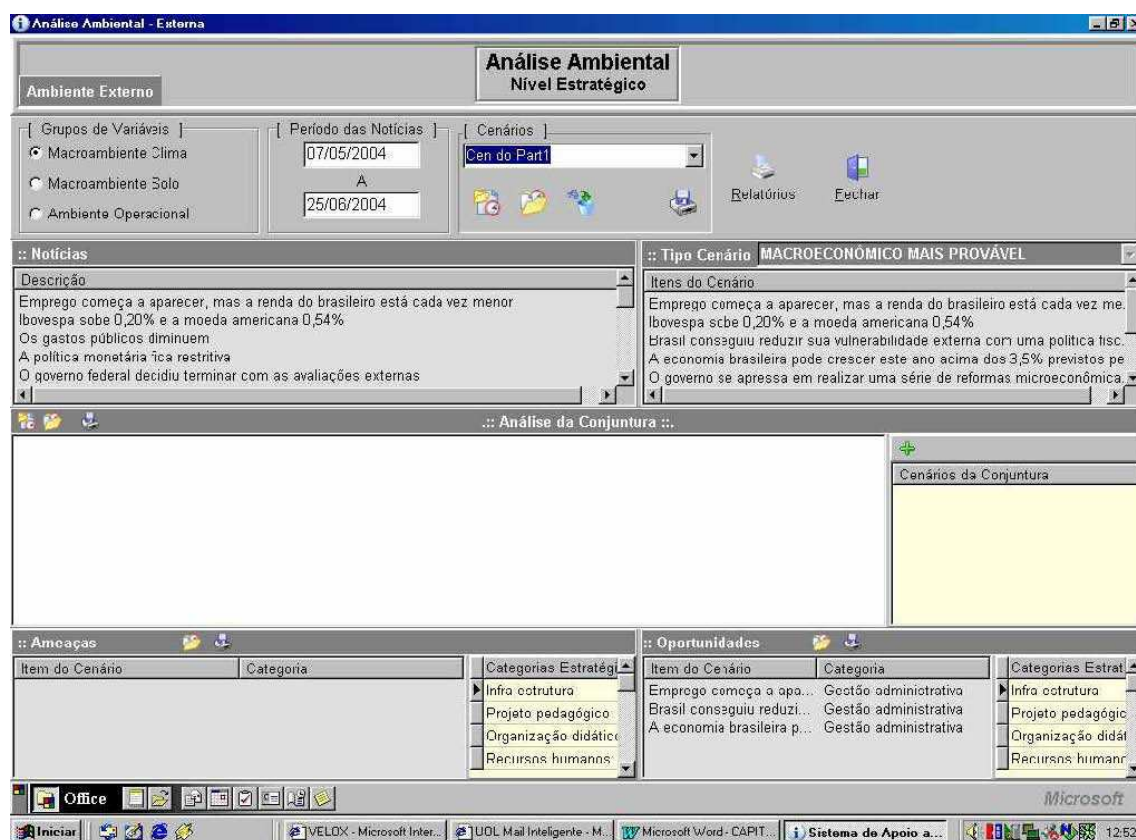


Figura 2 - Parte Análise Ambiental - cenário macroeconômico mais provável.

A terceira dimensão de cenários trabalha com variáveis agrupadas em Ambiente Operacional, em que se enquadram as instituições de ensino concorrentes, os fornecedores, os clientes, os prestadores de serviço, as instituições financeiras e correlatas. Pode-se analisar, por exemplo, as alterações dos recursos destinados ao fomento da pesquisa, nas tecnologias e nos hábitos dos clientes em potencial que poderão interferir na forma de atuação dos alunos. O usuário do SAGEU, em seguida,

construiu o terceiro cenário, cujos itens estão expostos na caixa Tipo Cenário (Figura 3) e redigiu a análise de conjuntura com base nesses três cenários citados. As ameaças, criadas a partir desse cenário, estão na caixa Ameaças. Nesse caso, foi criada a categoria estratégica Reformulação do programa de Avaliação Institucional. Por último, o usuário selecionou o botão Relatórios e escolheu visualizar e imprimir os relatórios resultantes da Análise da Conjuntura, (Figura 4).

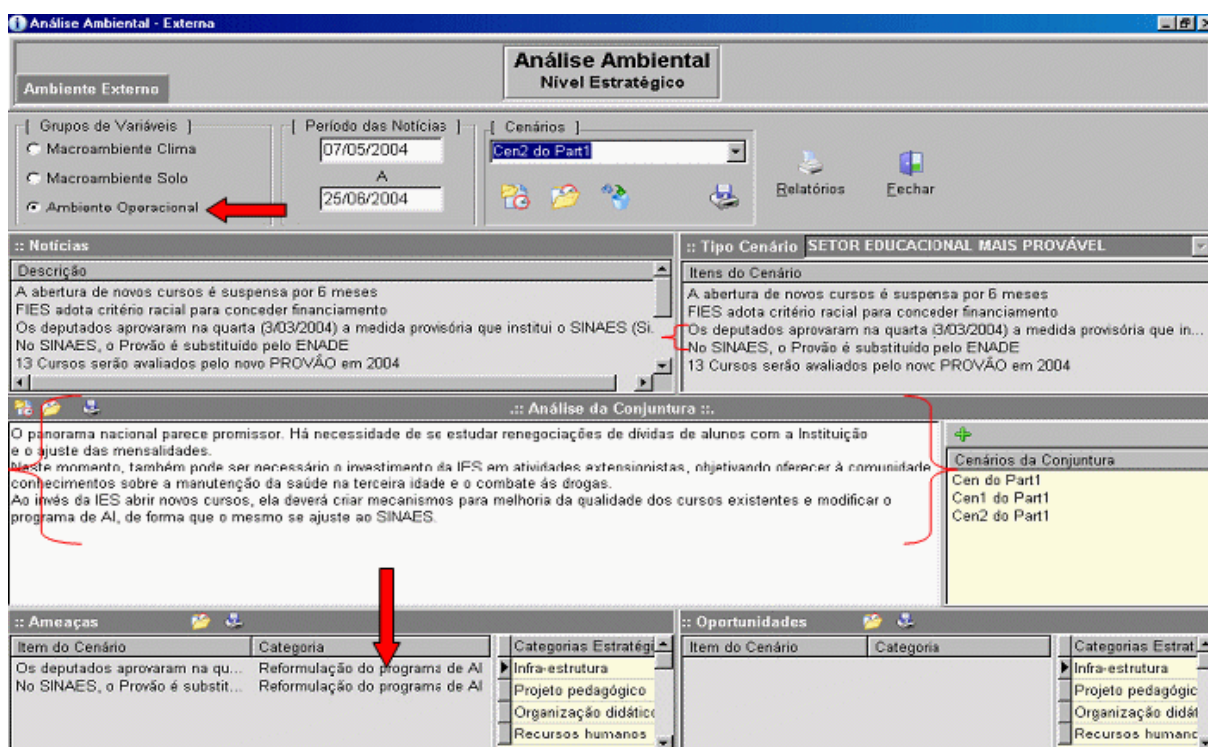


Figura 3- Parte Análise Ambiental – Setor Educacional mais provável.

Após a interação com o SAGEU, foi realizada uma reunião entre os participantes na qual uma dinâmica foi desenvolvida com o grupo. O evento teve como objetivo a construção de uma lista de ameaças e oportunidades da IES, com base nos relatórios gerados pelo SAGEU como resultado da análise externa de cada gestor. O sistema forneceu um relatório para cada participante, contendo as oportunidades e ameaças, por categoria estratégica e por responsável, apresentando a frequência em que cada uma foi escolhida. Usando esse relatório, cada gestor teve o seu tempo limitado para fundamentar o seu ponto de vista sobre a composição da lista. A partir das entrevistas informais com os gestores, participantes da experiência vivida com o

SAGEU manifestaram, de forma inequívoca, satisfação em poder visualizar, imprimir e “ter em mãos” relatórios, com os quais poderiam mostrar resultados de suas análises e defender seus pontos de vista. Parece possível afirmar que a necessidade de obter relatórios confiáveis e no tempo certo para gerir IESs privadas ainda, está no rol dos grandes desafios para um número considerável dessas organizações.

Em particular, na IES em que Motta (2004) aplicou o SAGEU, o sistema contribuiu para que essa instituição desse o passo inicial para a integração entre a AI e o planejamento que existia apenas na teoria, já há algum tempo, descrito em documento institucional oficial.

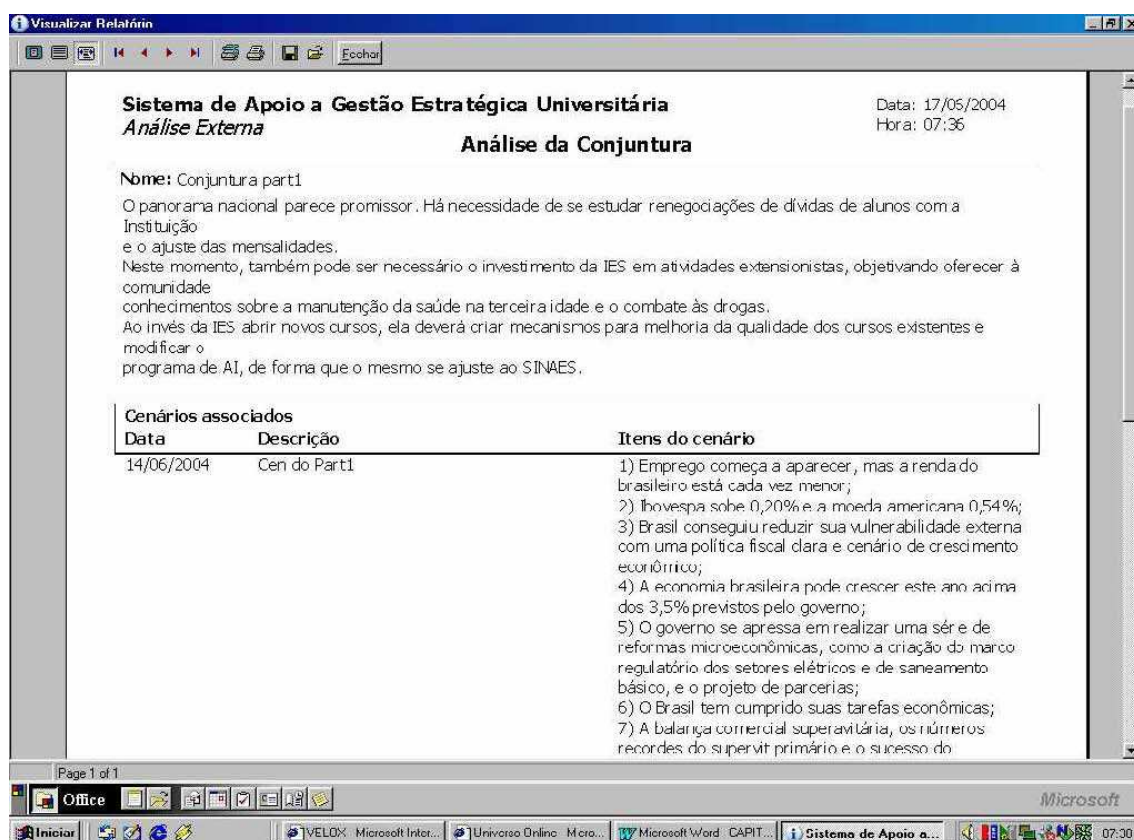


Figura 4 - Tela do Relatório de Análise de Conjuntura

5. Considerações Finais

Guardada as devidas proporções, a proposta de Tachizawa e Andrade (1999), apoiada pelo SAGEU (MOTTA, 2004), pode ser aplicada também às IESs privadas, contribuindo para o autoconhecimento institucional, permitindo-lhes analisar em que ambientes estão inseridas. Essa análise torna viável que essas organizações tomem ciência de suas ameaças e oportunidades, levando esse tipo de instituição a avaliar se suas ações estão corretas. Assim, é conveniente criar maneiras para organizar as informações, de modo que haja uma gestão universitária eficiente. As TIs que apoiem estudos de cenários semelhantes ao SAGEU poderão, igualmente, dar suporte a essa

organização, auxiliando na criação de uma cultura de avaliação e de planejamento.

Referências

- [1] BARROS, Davi. Instrumento para a melhoria da qualidade do Ensino Superior. Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação, Rio de Janeiro, v.5, n.14, p.219-241, jan./mar. 1997.
- [2] BELLONI, Isaura. A função social da Avaliação Institucional. In: SOBRINHO, J. D e RISTOFF, Dilvo (Org). Universidade reconstruída: avaliação institucional e resistência. Florianópolis: Insular, 2000. p.37-58.

- [3] BOTH, Ivo José. Avaliação institucional: agente de modernização administrativa e da educação. Cadernos PROGRAD, Ponta Grossa, n.1, p.41-45. 1992.
- [4] COUTINHO, Gledson Luiz. Administração universitária: onde a profissionalização é uma carência. Cadernos UFMG, Belo Horizonte. 1997.
- [5] FILHO, José Leão Marinho Falcão. Escola: ambientes, estruturas, variáveis e competências. Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação, Rio de Janeiro, v. 8, n.28, p.165-180, jul./set. 2000.
- [6] GANDIN, Danilo. A prática do planejamento participativo. Petrópolis, RJ: Vozes, 1994.
- [7] GRINSPUN, Miriam Paura S. Zippin. Avaliação institucional. Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação, Rio de Janeiro, v.9, n.31, p.223-236, abr./jun. 2001.
- [8] GURGEL, Carmesina Ribeiro. Avaliação do desempenho docente: o caso do centro de ciências da educação da Universidade do Piauí. Ensaio avaliação e políticas públicas em educação, Rio de Janeiro, v.8, n.27, p.219-241, abr./jun. 2000.
- [9] LAURITI, Nádia C. A comunicação na avaliação de desempenho no Ensino Superior. Ensaio avaliação e políticas públicas em educação, Rio de Janeiro, v.9, n.30, p.57-73, jan./mar. 2000.
- [10] MOTTA, Rosa Amelita Sá Menezes da. Repensando o planejamento de uma IES privada: uma proposta apoiada em Tecnologia da Informação. 2004. Tese (Doutorado em Educação)-Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- [11] NEIVA, Cláudio Cordeiro; LAPA. Jair dos Santos. Avaliação em educação: comentários sobre desempenho e qualidade. Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação, Rio de Janeiro, v.4, n.12, p. 214-235, jul./set. 1996.
- [12] NUNES, Lina Cardoso et al. O processo de avaliação numa universidade particular: curso e percurso. Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação, Rio de Janeiro, v.4, n.11, p. 143-148, abr./jun. 2000.
- [13] OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. Planejamento estratégico. São Paulo: Atlas, 1997.
- [14] RASCO, J. Félix Angelo. A auto-avaliação institucional como processo de formação do professorado. In: SOBRINHO, J. D; RISTOFF, D. I (Orgs). Universidade destruída: avaliação e resistência. Florianópolis: Insular, 2000. p. 73-94.
- [15] REZENDE, Denis Alcides e ABREU, Aline França. Tecnologia da Informação: aplicada a sistemas de informação empresariais. São Paulo: Atlas, 2001.
- [16] RODRIGUES, Gabriel Mário. Os novos tempos na revista educação brasileira. Questão de competência. Ensino superior, Brasília, n.43, p.10-22, abr. 2002.
- [17] SOBRINHO, José Dias. Avaliação Institucional na perspectiva da integração. In: SOBRINHO, J. D; RISTOFF, D. I (Orgs). Universidade destruída: avaliação e resistência. Florianópolis: Insular, 2000. p.95-112.
- [18] SOUZA, Ana Maria Costa de. Avaliação Institucional para melhoria do ensino e da aprendizagem. In: FELTRAN, Regina C. de S (Org). Avaliação na Educação Superior. São Paulo: Papirus, 2002. p.19-44.

- [19] TACHIZAWA, Takeshy; ANDRADE, Rui Otávio Bernardes. *Gestão de instituições de ensino*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1999.

Abstract.

This work has for objective to approach the application of the Technology of the Information in the study of sceneries used by the private Institutions of Higher education (IHEs), tends in view to adjust his/her planning, face to the modifications of the education politics, implanted by the Federal Government. The proposed model, SAGEU - Sistema of Support to the Academical Strategic Administration, offers an

atmosphere for support to the environmental analysis, seeking to extend the planning methodology proposed by Andrade and Tachizawa (1999), favoring the organization of the information, so that there is an efficient academical administration, and the integration between Institutional Evaluation and the institutional planning, developed in private IHEs.

Keywords: *Technology of the Information; Strategic Administration; Strategic Planning; Construction of Scenery.*

Estudo Simplificado para Avaliação da Eficiência de Sistemas de Controle de Vibrações Passivos e Ativos

Wendell Diniz Varela

*Prof. Adjunto da Universidade Federal do Rio de Janeiro, FAU/UFRJ
Ilha do Fundão – 21945 970 - Rio de Janeiro, RJ, Brasil
E-mail:wendell@ufrj.br*

Resumo

O número de estruturas que apresentam problemas de vibrações cresce na medida que essas são construídas cada vez mais esbeltas e com vãos maiores, a despeito de seu desempenho dinâmico. Dentre as soluções possíveis está a aplicação de sistemas de controle dinâmico passivos e ativos. Neste artigo é apresentado um estudo do desempenho desses sistemas na redução das amplitudes de vibração de uma estrutura esbelta sob ação de diferentes forças externas. São estudados um sistema de controle passivo composto de massa, mola e amortecedor, e um sistema de controle ativo com geração de uma força de controle externa determinada em função das amplitudes de movimento da estrutura. As equações de movimento são deduzidas com auxílio de equivalentes mecânicos, e as soluções destes sistemas de equações são obtidas através de métodos numéricos.

Palavras-chave: Estruturas, dinâmica, controle de vibrações.

1. Introdução

Várias fontes de excitação podem expor as estruturas a vibrações: o tráfego de veículos em pontes, sismos, explosões e construções próximas, máquinas instaladas em edifícios, atividades humanas (caminhar, correr, pular, etc) sobre as lajes de edifícios e arquibancadas de estádios, ação do vento em edifícios altos, torres, postes e pontes, etc.

Essas vibrações podem causar desde problemas de fissuração em peças de concreto armado e fadiga nas juntas soldadas de elementos de estruturas metálicas até a ruína dessas estruturas. Além disso, as vibrações podem ainda causar aos usuários dessas estruturas desconforto, pânico, perda de eficiência no trabalho e danos à saúde.

Assim sendo, várias alternativas de solução podem ser empregadas, tais como:

realocação da fonte de vibração, redução da massa, enrijecimento estrutural, aumento do amortecimento, isolamento de base, controle passivo por meio do uso de dispositivos mecânicos, controle ativo por meio do uso de atuadores eletromecânicos, eletromagnéticos, servo-hidráulicos, pneumáticos, etc.

Muitas vezes não é possível se utilizar em algumas das soluções apresentadas, seja por exigências arquitetônicas, limitação de espaço, questões econômicas ou operacionais.

Os sistemas de controle passivo compostos por dispositivos mecânicos são uma solução simples, eficiente, de baixo custo, não alteram a estrutura e sua instalação rápida não interfere nas atividades operacionais da estrutura. Esses dispositivos, também chamados de ADS - Atenuadores Dinâmicos de Sintonizados em frequência, são compostos por massas, molas e

amortecedores e não precisam de energia elétrica para atuar porque entram em funcionamento acionados pelo próprio movimento da estrutura. Dispositivos mecânicos desse tipo foram concebidos por FRAHM e descritos num documento de patente em 1911 [1]. A formulação matemática clássica e discussão teórica sobre esses ADS foram originalmente apresentadas em 1928 por ORMONDROYD e DEN HARTOG [2 *apud* 3]. O princípio básico dos ADS é, através de seu movimento com frequência próxima, mas em oposição de fase com o da estrutura, gerar forças de inércia que se contrapõem às forças de inércia produzidas na estrutura pelas ações externas. As figuras 1.1 a 1.3 mostram aplicações desses dispositivos, que tiveram participação do autor, em estruturas de lajes de pisos e estádios, para controle das vibrações induzidas por atividades humanas (caminhar e pular).



Figura 1.1 – Aplicação de ADS em lajes de pisos de edifícios [4,5].



Figura 1.2 – Aplicação de ADS em protótipo de laje de piso de centros comerciais. [4].



Figura 1.3 – Aplicação de ADS no estádio do Maracanã [6].

Os sistemas de controle ativo, por sua vez, funcionam da seguinte maneira: um atuador (eletromagnético, pneumático, etc) recebe um sinal de entrada decorrente da medição das acelerações existentes na estrutura e responde, após processamento em um computador, em oposição ao movimento da estrutura, reduzindo assim as amplitudes de vibração. As desvantagens são o alto custo de instalação, a necessidade de manutenção periódica e energia elétrica constante. Esses sistemas ainda estão em estágio de desenvolvimento no Brasil, mas já têm aplicações práticas no exterior, principalmente no Japão [7]. No topo do edifício da figura 1.4 é mostrado um sistema

para redução das vibrações da estrutura sob ação de sismos.



Figura 1.4 – Dispositivo de controle ativo que foi instalado em um edifício no Japão [7].

Neste artigo serão estudados os desenvolvimentos teóricos da utilização desses sistemas de controle passivo e ativo, e um estudo de seus desempenhos sob ação de forças externas dos tipos harmônica e transiente aleatória. Assim sendo, pode-se entender melhor suas aplicabilidades e suas limitações.

2. Modelagem matemática

Neste artigo, serão apresentadas as soluções das equações dinâmicas da estrutura, representada com um grau de liberdade, com sistemas de controle de vibrações passivos e ativos acoplados [8,9].

2.1 Sistema de controle passivo

Para a estrutura com atenuador passivo acoplado, e com equivalente mecânico ilustrado pela figura 2.1, as equações lagrangeanas de movimento podem ser escritas na forma:

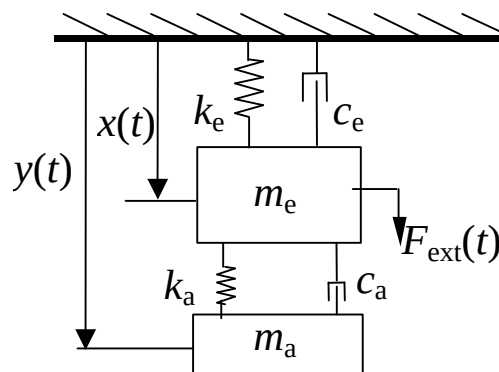


Figura 2.1 – Equivalente mecânico da estrutura com atenuador passivo acoplado.

$$m_e \ddot{x}(t) + (c_e + c_a) \dot{x}(t) - c_a \dot{y}(t) + (k_e + k_a)x(t) - k_a y(t) = F_{\text{ext}}(t) \quad (2.1)$$

$$m_a \ddot{y}(t) - c_a \dot{x}(t) + c_a \dot{y}(t) - k_a x(t) + k_a y(t) = 0 \quad (2.2)$$

Onde:

m_e , c_e , k_e são a massa, o amortecimento e a rigidez modais da estrutura original;

m_a , c_a , k_a são a massa, o amortecimento e a rigidez do atenuador passivo;

$x(t)$, $\dot{x}(t)$, $\ddot{x}(t)$ são os deslocamentos, velocidades e acelerações da estrutura original dependentes do tempo t ;

$y(t)$, $\dot{y}(t)$, $\ddot{y}(t)$ são os deslocamentos, velocidades e acelerações da massa auxiliar dependentes do tempo t ;

$F_{\text{ext}}(t)$ é a força dinâmica externa, variável no tempo.

Reescrevem-se as equações (2.1) e (2.2) da seguinte forma:

$$\ddot{x}(t) = \frac{1}{m_e} [- (c_e + c_a) \dot{x}(t) \quad (2.3)$$

$$+ c_a \dot{y}(t) - (k_e + k_a)x(t) + k_a y(t) + F_{ext}(t)]$$

$$\ddot{y}(t) = \frac{1}{m_a} [c_a \dot{x}(t) - c_a \dot{y}(t) + k_a x(t) - k_a y(t)] \quad (2.4)$$

Em seguida, procede-se à mudança de variável abaixo:

$$v_1(t) = x(t) \quad (2.5)$$

$$v_2(t) = y(t) \quad (2.6)$$

$$v_3(t) = \dot{x}(t) \quad (2.7)$$

$$v_4(t) = \dot{y}(t) \quad (2.8)$$

$$w_1(t) = \frac{dv_1(t)}{dt} = \dot{x}(t) \quad (2.9)$$

$$w_2(t) = \frac{dv_2(t)}{dt} = \dot{y}(t) \quad (2.10)$$

$$w_3(t) = \frac{dv_3(t)}{dt} = \ddot{x}(t) \quad (2.11)$$

$$w_4(t) = \frac{dv_4(t)}{dt} = \ddot{y}(t) \quad (2.12)$$

Assim, as equações diferenciais de segunda ordem descritas em (2.3) e (2.4) podem ser transformadas nas quatro equações diferenciais de primeira ordem (2.13) a (2.16).

$$w_1(t) = v_3(t) \quad (2.13)$$

$$w_2(t) = v_4(t) \quad (2.14)$$

$$w_3(t) = \frac{1}{m_e} [-(k_e + k_a)v_1(t) + k_a v_2(t) -$$

$$(c_e + c_a)v_3(t) + c_a v_4(t) + F_{ext}(t)]$$

$$w_4(t) = \frac{1}{m_a} [k_a v_1(t) - k_a v_2(t) +$$

E, finalmente, resolve-se o sistema de equações diferenciais lineares composto das equações (2.13) e (2.16) de $w_1(t)$ a $w_4(t)$ em função de $v_1(t)$ a $v_4(t)$, representativas do acoplamento das equações de movimento do atenuador às equações de movimento da estrutura, utilizando-se para isso um algoritmo de integração numérica de Runge-Kutta.

Para um sistema com n graus de liberdade, utiliza-se o método da sobreposição modal. Para isso, basta resolver as equações (2.13) a (2.16) para cada modo, e, assim, obter as respostas dinâmicas da estrutura pelo somatório das respostas dinâmicas de cada modo.

2.2 Sistema de controle ativo

O atenuador ativo funciona através da geração de uma força de controle externa determinada quase instantaneamente em função das amplitudes de vibração da estrutura, para atuar em sentido contrário ao movimento desta.

Para a estrutura com atenuador ativo acoplado e com equivalente mecânico ilustrado pela figura 2.2, a equação lagrangeana de movimento pode ser escrita na forma:

$$m_e \ddot{x}(t) + c_e \dot{x}(t) + k_e x(t) = F_{ext}(t) - F_c(t) \quad (2.17)$$

Onde $F_c(t)$ é a força de controle que é aplicada à estrutura para reduzir as vibrações causadas pela ação da força dinâmica externa $F_{ext}(t)$.

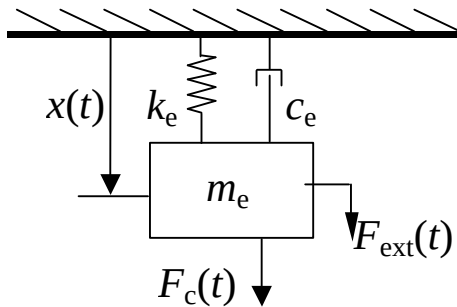


Figura 2.2 – Equivalente mecânico da estrutura com sistema atenuador ativo acoplado.

Reescreve-se a equação (2.17) da seguinte forma:

$$\ddot{x}(t) = \frac{1}{m_e} [-c_e \dot{x}(t) - k_e x(t) + F_{ext}(t) - F_c(t)] \quad (2.18)$$

Em seguida, procede-se à seguinte mudança de variável:

$$v_1(t) = x(t) \quad (2.19)$$

$$v_2(t) = \dot{x}(t) \quad (2.20)$$

$$w_1(t) = \frac{dv_1(t)}{dt} = \dot{x}(t) \quad (2.21)$$

$$w_2(t) = \frac{dv_2(t)}{dt} = \ddot{x}(t) \quad (2.22)$$

Assim, a equação de 2ª ordem descrita em (2.18) pode ser transformada nas duas equações de 1ª ordem (2.23) e (2.24).

$$w_1(t) = v_2(t) \quad (2.23)$$

$$w_2(t) = \frac{1}{m_e} [-k_e v_1(t) - c_e v_2(t) + F_{ext}(t) - F_c(t)] \quad (2.24)$$

A resolução do sistema de equações de 1ª ordem [equações (2.23) e (2.24)] implica a determinação simultânea da força de controle, introduzida na estrutura como

ilustrado na figura 2.2 através de um sistema ativo. Para isto, escrevem-se as equações de movimento na forma das equações de estado, as quais, para este caso, podem ser escritas resumidamente como:

$$\dot{\mathbf{w}}(t) = \frac{d\mathbf{v}(t)}{dt} = A_{2 \times 2} \mathbf{v}(t) + B_{2 \times 1} \mathbf{u}(t) + \mathbf{F}(t) \quad (2.25)$$

Onde:

$$\mathbf{w}(t) = [w_1(t) \quad w_2(t)]^T \quad (2.26)$$

$$\mathbf{v}(t) = [v_1(t) \quad v_2(t)]^T \quad (2.27)$$

$$A_{2 \times 2} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{k_e}{m_e} & -\frac{c_e}{m_e} \end{bmatrix} \quad (2.28)$$

$$B_{2 \times 1} = \begin{bmatrix} 0 \\ -\frac{1}{m_e} \end{bmatrix}^T \quad (2.29)$$

$$\mathbf{F}(t) = \begin{bmatrix} F_{ext}(t) \\ m_e \end{bmatrix} \quad (2.30)$$

$$\mathbf{u}(t) = [F_c(t)] \quad (2.31)$$

A força de controle é calculada através da teoria de controle ótimo com a minimização do funcional abaixo:

$$\text{Min} \left(J = \frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_f} [\mathbf{v}(t)^T Q \mathbf{v}(t) + r \mathbf{u}^T(t) \mathbf{u}(t)] dt \right) \quad (2.32)$$

Onde:

J – é o funcional a ser minimizado;

$Q_{2 \times 2}$ – é a matriz que determina as grandezas controladas. As posições não nulas dessa matriz determinam os deslocamentos e/ou velocidades controlados, enquanto as magnitudes relativas das ponderações

determinam a ordem de importância das grandezas a serem controladas;

r – é uma matriz que determina as posições da força de controle e a ordem de importância das mesmas. Como neste caso só existe uma força de controle então essa matriz possui apenas uma posição não-nula.

Fazendo as operações necessárias, chega-se à:

$$\ddot{\mathbf{u}}(t) = \Gamma \dot{\mathbf{y}}(t) \quad (2.33)$$

$$\Gamma = -r^{-1}B^T P \quad (2.34)$$

$$-\dot{P} = Q + PA + A^T P - PBr^{-1}B^T P \quad (2.35)$$

Onde Γ é a matriz de ganho da força de controle e P a matriz de Riccati.

Para t_f tendendo a infinito, $\dot{P} = 0$. Então a equação (2.35) recai em:

$$Q + PA + A^T P - PBr^{-1}B^T P = 0 \quad (2.36)$$

Resolve-se (2.36) iterativamente usando-se para isto o Método de Newton-Raphson e encontra-se a matriz de Riccati $P_{2 \times 2}$ simétrica. Substitui-se o valor de P em (2.34) e obtém-se o ganho da força de controle. Então, volta-se a (2.33) e define-se a força de controle que faltava para resolver o sistema de equações de 1ª ordem. BARBOSA [10] generaliza a solução da equação de Riccati para um sistema de n graus de liberdade.

Resolvem-se então as duas equações de movimento de 1ª ordem (2.23) e (2.24) de w_1 e w_2 em função de v_1 e v_2 , utilizando-se para isso o algoritmo de integração numérica de Runge-Kutta.

Por fim, ajustam-se os parâmetros do sistema de controle ativo utilizado (servo-hidráulico, pneumático, eletromagnético, etc.) para reproduzir a mesma força de

controle necessária à redução de vibrações da estrutura e quando isto for alcançado, o sistema estará dimensionado, mas isto está fora do escopo deste artigo.

3. Simulações numéricas da aplicação de sistemas de controle em uma estrutura

A figura 3.1 mostra esquematicamente a estrutura esbelta utilizada para análise comparativa do desempenho dos sistemas de atenuação de vibrações. Trata-se de uma viga engastada e livre submetida à ação de uma carga variável no tempo $F_{ext}(t)$ localizada na extremidade livre da viga. Com esta estrutura pode-se fazer uma analogia prática com uma torre alta, uma chaminé industrial ou um poste de telecomunicação sob ação do vento, um trecho em balanço de uma ponte sob ação de cargas impulsivas produzidas pelo tráfego de veículos ou uma arquibancada em balanço sob ação do público em movimento ritmado.

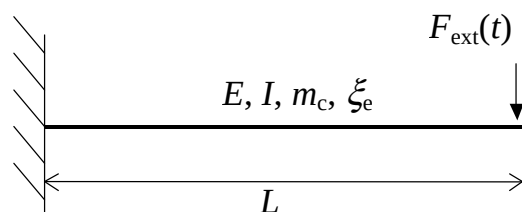


Figura 3.1 – Estrutura esbelta analisada.

Onde E é o módulo de elasticidade longitudinal do material constituinte da viga; I é o momento principal de inércia da viga; m_c é a massa da estrutura por unidade de comprimento; ξ_e é a taxa de amortecimento da estrutura; L é o comprimento da viga; $F_{ext}(t)$ é a força externa dependente do tempo.

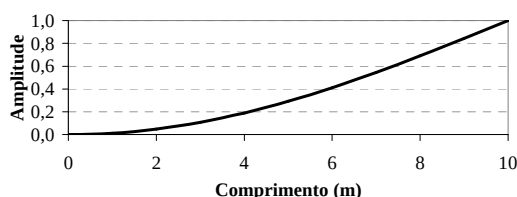
A tabela 3.1 apresenta os dados da estrutura, escolhidos arbitrariamente.

Tabela 3.1 – Propriedades geométricas e físicas da estrutura esbelta da figura 3.1

Propriedade	Valor
Módulo de Elasticidade E	$2,05 \times 10^8$ kN/m ²
Momento de inércia I	$5,61 \times 10^{-5}$ m ⁴
Massa m_c	0,0447 ton/m
Taxa de amortecimento ξ_e	1%
Comprimento L	10,00 m

Os sistemas auxiliares de redução das amplitudes de resposta dinâmica da estrutura serão projetados para atenuação do seu primeiro modo de vibração. Este modo pode ser representado aproximadamente pela expressão analítica dada pela equação (3.1) e mostrada no gráfico da figura 3.2.

$$\phi(x) = 1 - \cos\left(\frac{\pi x}{2L}\right) \quad (3.1)$$

**Figura 3.2** – Primeiro modo de vibração da viga.

A massa, a rigidez, e o amortecimento generalizados da estrutura com relação ao primeiro modo de vibração são calculados através das equações (3.2) a (3.4) explicitadas abaixo:

$$m_e = \int_0^L m_c \phi^2(x) dx \quad (3.2)$$

$$k_e = \int_0^L EI \phi''^2(x) dx \quad (3.3)$$

$$c_e = 2 \xi_e m_e \omega_e \quad (3.4)$$

Onde:

m_e , k_e , c_e são a massa, a rigidez, e o amortecimento generalizados da estrutura; ω_e é a frequência natural de vibração da estrutura dada pela equação (3.5).

$$\omega_e = \sqrt{\frac{k_e}{m_e}} \quad (3.5)$$

O sistema atenuador passivo, para a estrutura esbelta analisada, é dimensionado tomando-se por referência à massa, a rigidez, e o amortecimento generalizados da estrutura com relação ao primeiro modo de vibração.

Considera-se um sistema atenuador passivo composto de massa, mola e amortecedor com as seguintes características:

$$m_a = \mu_a m_e \quad (3.6)$$

$$\omega_a = \beta_a \omega_e \quad (3.7)$$

$$k_a = m_a \omega_a^2 \quad (3.8)$$

$$c_a = 2 \xi_a m_a \omega_a \quad (3.9)$$

Onde:

m_a , ω_a , k_a são a massa, a frequência natural e a rigidez do atenuador passivo;

m_e , ω_e , k_e são a massa, a frequência natural e a rigidez do primeiro modo estrutura;

μ_a e β_a são, respectivamente, as relações entre a massa do atenuador e a massa modal da estrutura e entre a frequência do atenuador e a frequência natural da estrutura;

c_a e ξ_a são o amortecimento e a taxa de amortecimento modais do atenuador passivo.

Escolhendo-se relações práticas entre as características dinâmicas do sistema atenuador passivo e da estrutura ($\beta_a = 0,97$ e $\mu_a = 0,01$), e, considerando uma taxa de amortecimento de 5% ($\xi_a = 0,05$), pode-se

agora, com auxílio das equações de (3.6) a (3.9), calcular todos os dados necessários à obtenção da resposta dinâmica da estrutura com o atenuador passivo acoplado. As características dinâmicas do primeiro modo de vibração da estrutura e do atenuador passivo acoplado são apresentadas na tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Características dinâmicas da estrutura e do atenuador passivo projetado.

Característica dinâmica	Estrutura	Atenuador passivo
Massa modal (ton)	$m_e = 0,101$	$m_a = 0,00101$
Frequência natural (Hz)	$\omega_e = 2,96$	$\omega_a = 2,87$
Rigidez elástica (kN/m)	$k_e = 35,01$	$k_a = 0,33$
Taxa de amortecimento	$\xi_e = 1\%$	$\xi_a = 5\%$
Amortecimento (kN.s/m)	$c_e = 0,0377$	$c_a = 0,00183$

Devem-se dimensionar molas e amortecedores que reproduzam as características dinâmicas utilizadas nas análises para se completar o projeto o sistema de controle passivo, mas isto está fora do escopo deste artigo.

3.1 Força harmônica

As primeiras simulações foram feitas com a estrutura submetida à ação de uma força senoidal de mesma frequência que o primeiro modo de vibração da estrutura (figura 3.3).

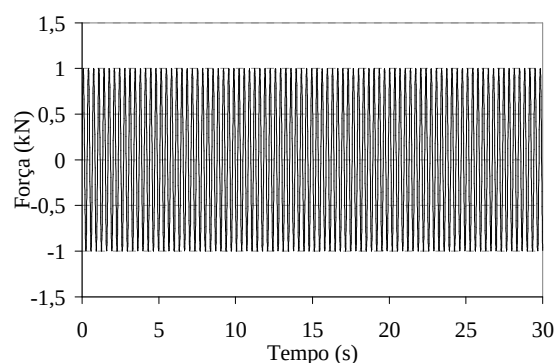


Figura 3.3 – Força harmônica senoidal.

A figura 3.4 apresenta a comparação da resposta da estrutura não controlada e com sistemas de controle passivo e ativo na extremidade livre da viga, em termos de deslocamento x tempo, sob ação da força mostrada na figura 3.3.

Nota-se na figura 3.4 que a redução nas amplitudes de vibração com o sistema de controle passivo é bastante significativa (~78%), e com o sistema de controle ativo é excepcional (~96%).

Mas os parâmetros de calibração do sistema de controle passivo ainda podem ser melhorados. Por isso foi feito um estudo paramétrico para estimativa do desempenho desse tipo de sistema de controle. Assim sendo, foram construídos os gráficos das figuras 3.5 a 3.7, que apresentam a variação do desempenho do sistema de controle passivo, respectivamente, com a relação entre as frequências do atenuador e do primeiro modo de vibração da estrutura, com a relação entre a massa do atenuador e a massa do primeiro modo da estrutura e com a taxa de amortecimento da estrutura.

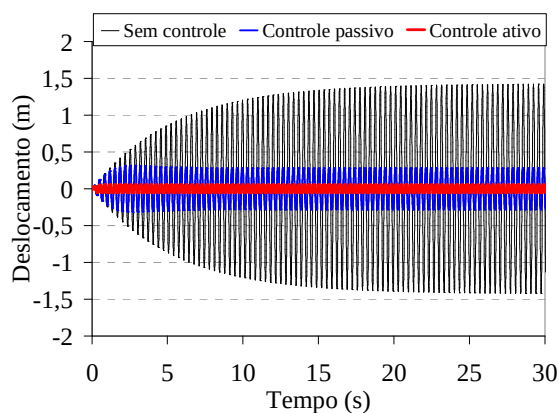


Figura 3.4 – Respostas dinâmicas da estrutura sob ação de força harmônica sem e com sistemas de controle acoplados.

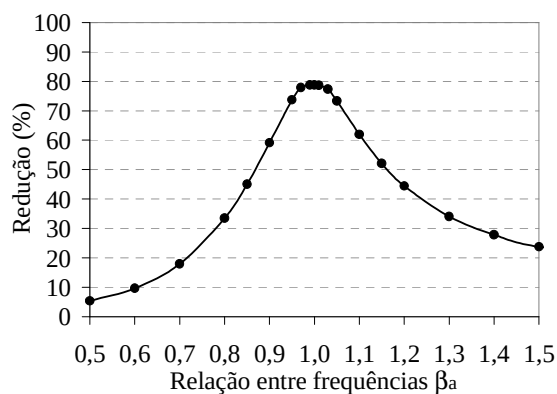


Figura 3.5 – Variação do desempenho do sistema de controle passivo com β_a .

Nota-se na figura 3.5 que se deve calibrar o sistema de controle passivo com frequência mais próxima possível da frequência do modo de vibração que se deseja atenuar.

Observa-se na figura 3.6 que o ganho relativo na redução das amplitudes de vibração da estrutura é pequeno quando a relação entre a massa do sistema de controle passivo (ADS) e a massa mobilizada no modo de vibração a ser atenuado passa de 2 %.

Finalmente, nota-se na figura 3.7 que a efetividade do sistema de controle passivo está diretamente ligada ao amortecimento estrutural. Esses sistemas são muito efetivos

para baixas taxas de amortecimento estrutural e menos efetivos para altas taxas.

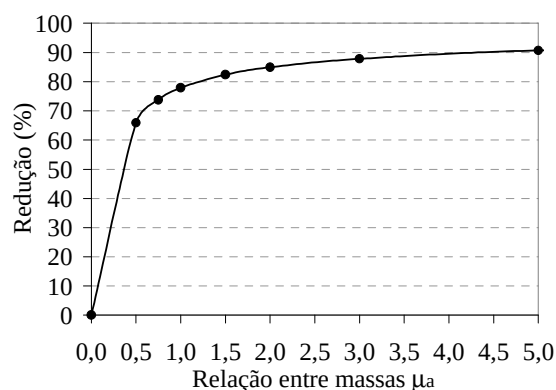


Figura 3.6 – Variação do desempenho do sistema de controle passivo com μ_a .

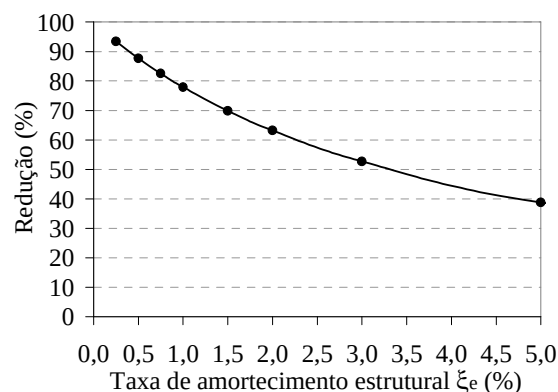


Figura 3.7 – Variação do desempenho do sistema de controle passivo com ξ_e .

Pode-se obter um sistema de controle passivo com redução nas amplitudes de vibração próximas às obtidas com o sistema de controle ativo. Porém, para isso, seria necessário projetar um dispositivo com grande quantidade de massa, bem calibrado e aplicado a uma estrutura pouco amortecida.

Na figura 3.8 percebe-se o funcionamento do sistema de controle passivo, em que o dispositivo (ADS) apresenta amplitudes de vibração bem superiores às da estrutura, demonstrando a transferência de energia da estrutura para o

ADS.

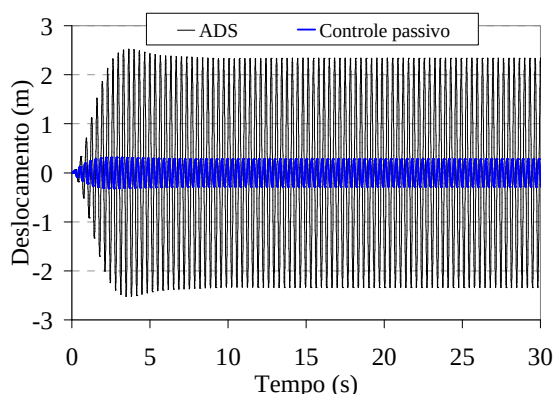


Figura 3.8 – Respostas dinâmicas da estrutura sob ação de força harmônica com controle passivo e do próprio dispositivo (ADS).

3.2 Força transiente aleatória

A figura 3.10 apresenta a comparação da resposta da estrutura não controlada e com sistemas de controle passivo e ativo na extremidade livre da viga, em termos de deslocamento x tempo, sob ação da força transiente aleatória mostrada na figura 3.9.

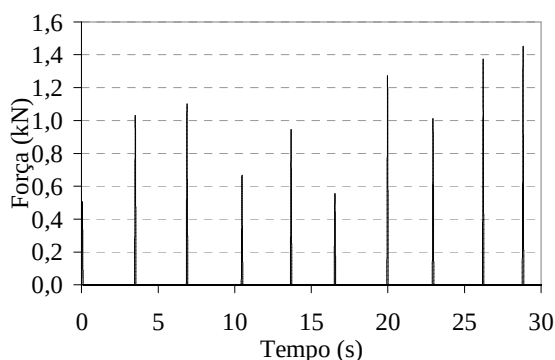


Figura 3.9 – Força transiente aleatória.

Nota-se na figura 3.10 que o sistema de controle passivo não se mostra tão eficiente quanto nas simulações anteriores e chega até a amplificar as respostas da estrutura nos trechos onde os intervalos entre impulsões são pequenos (entre 27 e 30 segundos de

simulação). Já o sistema de controle ativo continua apresentando uma eficiência excepcional. Isto acontece porque o sistema de controle ativo entra em funcionamento instantaneamente, enquanto o sistema de controle passivo demora mais a funcionar plenamente como demonstrado na figura 3.11.

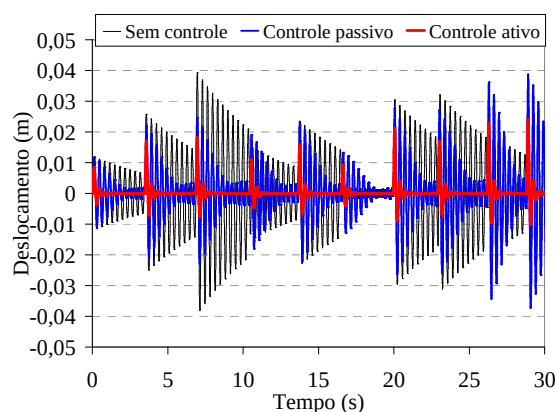


Figura 3.10 – Respostas dinâmicas da estrutura sob ação de força transiente aleatória sem e com sistemas de controle acoplados.

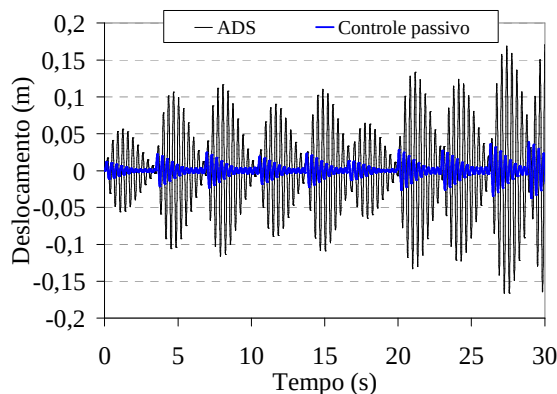


Figura 3.11 – Respostas dinâmicas da estrutura sob ação de força transiente aleatória com controle passivo e do próprio dispositivo (ADS).

4. Conclusões

Apresentaram-se formulações matemáticas para solução dos problemas de redução de vibrações de estruturas esbeltas representadas por sistema de um grau de liberdade generalizado, através da instalação de atenuadores dinâmicos passivos e ativos.

Foram feitas simulações do desempenho desses dispositivos sob ação de forças harmônicas e transientes aleatórias.

O sistema de controle passivo se mostrou bastante eficiente para a estrutura sob ação da força harmônica, a depender dos parâmetros de projeto desses atenuadores. Para isso é desejável a sintonia em frequência desses atenuadores em pelo menos 95% da frequência do modo de vibração da estrutura a ser atenuado, com massa entre 1% e 2% da massa modal da estrutura e para estruturas com taxa de amortecimento de até 1,5%.

Para estruturas sob ação de cargas transientes variáveis, o sistema de controle passivo ainda é eficiente, mas apresenta desempenho inferior ao caso anterior, e chega até a amplificar as respostas da estruturas quando as impulsões são efetuadas em curtos intervalos de tempo.

O sistema de controle ativo se mostra sempre muito eficiente, mais ainda que o passivo, porem é mais complexo e caro.

Referências

- [1] FRAHM, H., "Device for Damping Vibration of Bodies", United States Patent nº 989.958, 1911.
- [2] ORMONDROYD, J., DEN HARTOG, J.P., "The Theory of Dynamic Vibration Absorber", Transactions of American Society of Mechanical Engineers, Vol. 50, Nº 7, pp. 9-22, 1928.
- [3] DEN HARTOG, J.P., "Mechanical Vibration", 2nd ed., McGraw-Hill Book Co., 1940.
- [4] VARELA, W.D., "Modelo Teórico-Experimental para Análise de Vibrações Induzidas por Pessoas Caminhando sobre Lajes de Edifícios", Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004.
- [5] BATTISTA, R.C., VARELA, W.D., "Medidas Corretivas para Vibrações de Painéis Contínuos de Lajes de Edifícios", XXX Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, TRB0282, Brasília, DF, Brasil, Maio, 2002.
- [6] BATTISTA, R.C., SANTOS, E.F., VARELA, W.D., CORREA, W., "Vibrações em Estádios Brasileiros: Diagnósticos e Soluções; Caso Exemplo: O Estádio do Maracanã", II Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, ABPE, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, Outubro, 2007.
- [7] SOONG, T.T., "Research and Development of Active Control Systems", Research Accomplishments, 1986-1994: The National Center for Earthquake Engineering Research, pages 63-72. (Buffalo: National Center for Earthquake Engineering Research, September 1994).
- [8] BATTISTA, R.C., "Redução e Controle de Vibrações em Estruturas", Notas de Aula, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1993.
- [9] MEIROVITCH, L., "Dynamics and Control of Structures", John Wiley & Sons, 1990.
- [10] BARBOSA, F.S., "Controle Ativo Modal de Vibrações Estruturais", Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1996.

Abstract

The number of structures that they present problems of vibrations grows in the measure that those are built more and more slender and with

larger spaces, in spite of his dynamic acting. Among the possible solutions it is the liabilities and assets dynamic control systems application. In this article was presented a study of the acting of those systems in the reduction of the widths of vibration of a slender structure under action of different out forces studied. It was studied a passive control system composed of mass, spring and shock absorber, and a system of active control with generation of a control force

expresses certain in function of the widths of movement of the structure. The movement equations are deduced with aid of equivalent mechanics, and the solutions of these systems of equations are obtained through numeric methods.

Keywords: Structures, dynamics, control of vibrations