

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO  
CURSO DE MATERIAIS, PROCESSOS E  
COMPONENTES ELETRÔNICOS

SÉRGIO NEY DOS SANTOS

**KITS DIDÁTICOS PARA ENSINO DE  
ENGENHARIA QUÍMICA**

SÃO PAULO  
MAIO 2013

SÉRGIO NEY DOS SANTOS

Monografia apresentada como exigência para obtenção do título de Tecnólogo no curso Materiais, Processos e Componentes Eletrônicos, na Faculdade de Tecnologia de São Paulo, sob orientação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Lúcia Pereira da Silva

SÃO PAULO  
MAIO 2013

Nunca deixe que lhe digam que não vale a pena  
acreditar nos sonhos que se tem  
ou que os seus planos nunca vão dar certo  
ou que você nunca vai ser alguém...

*Renato Russo*

# KITS DIDATICOS PARA ENSINO DE ENGENHARIA QUIMICA

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Lúcia Pereira da Silva

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Nilde Rodrigues da Silva

---

Prof. Me. Antonio Sergio Brejão

---

São Paulo, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2013

## AGRADECIMENTOS

A Deus e minha querida mãe Luzia, minha querida irmã Nanci e minha querida namorada Valquíria, pelos apoios de cada dia e os incentivos.

A professora Maria Lúcia Pereira da Silva por me acolher no grupo de pesquisa, acreditar em meu potencial e fornecer o conhecimento durante a elaboração deste trabalho.

Aos colegas Alexandre Alves, Alisson Rodolfo, Felipe Lucas, Luana Sayuri e Rafael Cardoso.

Aos professores Ana Neilde Rodrigues da Silva e Edson Moriyoshi Ozono pela cooperação entre grupos de pesquisa.

A todos os professores de curso MPCE (Materiais, Processos e Componentes Eletrônicos) da Fatec pelo conhecimento transferido durante o curso.

A todas as pessoas que visitaram e, principalmente, as que deixaram seu testemunho dos kits por escrito, ao estande do DSE (Departamento de Sistemas Eletrônicos) durante o 14º Congresso de Tecnologia Fatec.

A todos que de maneira direta ou indiretamente participaram deste trabalho.

E por poder usar o laboratório de circuitos impressos da Fatec Tiradentes situada em São Paulo capital.

## **Resumo**

Além de kits, a miniaturização de instrumentos de ensino é uma tendência, pois permite experimentos mais ambientalmente corretos, já que utiliza menor quantidade de recursos, tais como reagentes, com a conseqüente menor formação de resíduos a serem descartados. Assim, foi objetivo deste trabalho o estudo dos kits e respectivas estruturas miniaturizadas, com o intuito de sua descrição – com maior ênfase na formação de um pré-manual de usuário - e teste em condições mais próximas ao de uso corriqueiro, como por exemplo, em aulas expositivas. Foram utilizados 4 kits e os seguintes passos metodológicos. 1) estudo de cada kit previamente montado, para averiguar pontos fracos e fortes, ameaças e oportunidades (análise SWOT), 2) escolha da forma de ensino, 3) testes de ensino usando os kits, 4) término da análise SWOT e propostas de possíveis melhorias. O teste de campo foi efetuado no Congresso de Tecnologia da FATEC-SP. Observou-se a necessidade de desenvolver pequenos manuais de utilização e, em alguns casos, de material na forma de vídeo. Contudo, os kits mostraram-se ser altamente motivadores para pessoas do ensino médio e início de graduação. Propostas de melhoria incluem obter filmes adsorventes.

## Sumário

<b>1. Introdução</b>	<b>8</b>
<b>2. Aspectos teóricos</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Importâncias dos kits para o ensino</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Abordagem do grupo quanto ao desenho, montagem e construção dos equipamentos ambientalmente corretos e os 12 princípios engenharia química verde.</b>	<b>12</b>
<b>2.2.1. Equipamentos ambientalmente corretos.</b>	<b>14</b>
<b>2.2.2. A importância do setor eletroeletrônico no desenvolvimento de ferramentas de ensino</b>	<b>14</b>
<b>2.3 Kits desenvolvidos até o momento e a teoria envolvida na sua construção</b>	<b>14</b>
<b>2.3.1 kit para ensino de reatores de tratamento de água residual em empresas de semicondutores</b>	<b>15</b>
<b>2.3.2 kit para ensino de operações unitárias e ângulo de contato</b>	<b>16</b>
<b>2.3.3 Kit para ensino de adsorção e pesagem</b>	<b>16</b>
<b>2.3.4 Kit de acessórios (manipulação de fluidos)</b>	<b>17</b>
<b>3. Metodologia, materiais e métodos</b>	<b>18</b>
<b>4. Resultados e discussão</b>	<b>20</b>
<b>4.1 Testes dos kits</b>	<b>20</b>
<b>4.2 Análise SWOT</b>	<b>21</b>
<b>4.2.1 Kit para ensino de reatores de tratamento de água residual em empresas de semicondutores.</b>	<b>22</b>
<b>4.2.2 Kit para ensino de operações unitárias e ângulo de contato</b>	<b>22</b>
<b>4.2.3 Kit para ensino de adsorção e pesagem.</b>	<b>24</b>
<b>4.2.3.1 Filme adsorvente</b>	<b>25</b>
<b>4.2.3.4. Kit de acessórios</b>	<b>30</b>
<b>4.3. Conclusões parciais</b>	<b>31</b>
<b>5. Conclusões</b>	<b>32</b>
<b>Referências</b>	<b>33</b>
<b>Anexos</b>	<b>36</b>

## ***1.Introdução***

Segundo Rezende (2011) o Ano Internacional da Química no Brasil apresentou uma série de atividades, tanto de cunho empresarial como acadêmico, incluindo nesse caso de Universidades a Escolas de Ensino Fundamental e Médio. Entre as atividades, chama a atenção que o prêmio Nobel de 2008 mediu o pH das águas cariocas com alunos do Complexo do Alemão. Além disso, a parceria “entre a SBQ, a diretoria do Departamento de Popularização e Difusão da Ciência do MCTI/Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) e os INCTs de Energia e Meio Ambiente e de Materiais Nanoestruturados” para “o experimento global da água - pH do planeta, tornou-se o maior experimento até hoje já realizado nas escolas brasileiras.” “O objetivo era que jovens de todo o mundo avaliassem e discutissem a qualidade das águas de rios, lagos, nascentes e poços. No Brasil, foram distribuídos, até o final de outubro de 2011, cerca de 35.000 kits”, percorrendo-se “ inúmeras localidades, desde a aldeia indígena Desana, no Rio Negro, Amazônia, até Santana do Livramento, na fronteira Brasil-Uruguai.” Foi “possível acompanhar, em tempo real, o cadastro dos experimentos e quem os realizou”.

Esse evento aqui relatado é interessante para demonstrar a importância do desenvolvimento de kits de ensino. Observe-se que tais kits não precisam ser necessariamente custosos ou de difícil manipulação ou compreensão. Na verdade instrumentos de ensino de baixo custo e que permitam o envolvimento pessoal do aluno são importantes. Isso é especialmente verdadeiro para o Brasil, onde há baixa procura para a formação, quer seja em nível técnico quer seja no nível superior, na área das exatas, com especial dificuldade de se encontrar pessoas interessadas em engenharia ou tecnologia. Essa situação levou a FNE (Federação Nacional dos Engenheiros) a criar o projeto “Cresce Brasil + Engenharia + Desenvolvimento e a Superação da Crise”, em 2009, onde a idéia principal foi explicar a carreira em engenharia aos estudantes de nível médio (PINHEIRO, 2010).

Sociedades que enfrentam o desinteresse dos alunos pelas áreas de ciência, onde a engenharia e/ou tecnologia é uma delas, segundo Locke (2009), podem optar por um ensino focado na área de ciências e integrado, desde os níveis iniciais até à universidade. Um exemplo da aplicação dessa idéia é o projeto *Engineering is Elementary*, que muda o modo de abordar os conteúdos de ciências no níveis iniciais do ensino (CUNNINGHAM, 2007) ou mesmo o uso de kits de ensino, como o *Engineering Teaching Kits para as primeiras séries do ensino* (DONOHUE, 2008).

Kits de ensino são um novo modo – e em geral bastante simples – de abordar o ensino de ciências na áreas de engenharias. Tais kits são mais comuns na área de engenharia elétrica e/ou computação como, por exemplo *FIRST Lego League*, *FIRST Robotics* e *Project Lead the Way* (DONOHUE, 2008). Seu uso é comum tanto no exterior ((HOWELL, 2004) como no país (BOESING, 2008), pois permitem maior interação do aluno com a situação problema e também parcialmente substituem recursos faltantes em instituições, como por exemplo equipamentos e laboratório.

Além de kits, a miniaturização de instrumentos de ensino é uma tendência, pois permite experimentos mais ambientalmente corretos, já que utiliza menor quantidade de recursos, tais como reagentes, com a conseqüente menor formação de resíduos a serem descartados (HASEBE, 2004) (MÜLLER, 2005).

No grupo onde este trabalho se insere, um dos objetivos maiores é o desenvolvimento de kits para ensino em conjunto com a miniaturização de operações unitárias da indústria química e a aplicação da metodologia de PBL (*project based learning*), com o intuito de desenvolver processos de baixo custo para o ensino, tanto de nível médio como de graduação. Até o momento, mais de 7 estruturas miniaturizadas – para a compreensão de operações unitárias – e pelo menos 3 kits foram desenvolvidos. Esse material, contudo, encontra-se em distintas fases de amadurecimento (SILVA, 2006). Assim, foi objetivo deste trabalho o estudo dos kits e respectivas estruturas, com o intuito de sua descrição – com maior ênfase na formação de um pré-manual de usuário - e teste em condições mais próximas ao de uso corriqueiro, como por exemplo, em aulas expositivas.

## *2. Aspectos teóricos*

Os aspectos teóricos nesse trabalho considerarão a descrição dos motivos que levaram o grupo onde esse trabalho se insere a desenvolver kits para ensino além das respectivas condições de contorno assumidas nesses desenvolvimentos.

### *2.1 Importâncias dos kits para o ensino*

Kits para ensino são percebidos de forma diferente para diferentes pessoas. Ao anunciar a apresentação de material didático lúdico em um museu pelo Instituto de Ciências Biológicas da UFG (ICB2010) foi enfatizado que:

Aplicado de forma correta, um material lúdico propicia a criança a sedimentar seus conhecimentos de forma prática, instigando e motivando o desafio do saber, conhecer e competir; toca a estrutura básica da formação do caráter, propiciando o exercício da afetividade com o mundo, as pessoas e os objetos. Possibilita também criar uma relação com o conhecimento e o mundo externo, assumindo grande importância na formação da personalidade.

A preocupação do ensino com caráter lúdico levou a ABC, Associação Brasileira de Ciências, a apontar, em sua revisão de um período de cerca de 50 anos, que (SCHWARTZMAN, 2009) nos anos 50, sob a coordenação e a liderança de Isaias Raw, o Ibec/Funbec que inovou o ensino das ciências nas escolas secundárias, deu ênfase ao ensino experimental, “criando novos equipamentos de baixo custo e que permitiam aos alunos fazer experiências e tirar conclusões”, que os “Kits Cientistas”, com tiragem de mais de 2 milhões, permitiu levar “para as casas e para as escolas a possibilidade de aprender de experiências realizadas, observações e interpretações” que os estudantes “não seriam mais reféns de falsas informações.” Por outro lado, deve-se evitar o uso indiscriminado de “kits” de experimentação. “Em muitos casos, os estudantes são brevemente expostos a uma série de experiências referidas a tópicos não relacionados (florestas tropicais, pedras, minerais e água) apresentados em unidades ou kits modulares.... Currículos baseados em kits são sensíveis a várias questões de ordem prática, como a variabilidade dos padrões de um lugar a outro, de tal forma que o professor nunca pode contar com os conhecimentos prévios dos estudantes como base para a introdução de novos conceitos. Esta abordagem também maximiza a flexibilidade, de tal maneira que os professores com pouco conhecimento de certos conteúdos podem deixar de lado os temas que lhes são menos familiares.” Além disso, o currículo deve propiciar “o entendimento de equipamentos e de procedimentos técnicos, a obtenção e análise de informações, a avaliação de riscos e benefícios em processos tecnológicos, de um significado amplo para a cidadania e também para a vida profissional”.

A publicação chama atenção para os motivos que se torna urgente investir no ensino de ciências já que, no teste Pisa, “29% dos estudantes brasileiros estão abaixo do nível 1 ou seja “não conseguem nem minimamente usar conhecimentos de tipo científico em situações familiares, e outros 34.4% estão no nível 1. Nos dois níveis mais altos, em que a Finlândia tem 20% dos estudantes, e a Coreia do Sul 9.5%, o Brasil só tem 0.4% dos estudantes. A situação nas escolas públicas brasileiras é particularmente dramática: 35%

dos estudantes estão abaixo do nível 1, e 36% no nível 1; nas escolas privadas, as proporções são de 3.4 e 16%, significativamente melhor. Mas somente um por cento dos estudantes do setor privado estão no nível 5, e um por mil no nível 6. No setor público não há ninguém no nível 6, e 1 por mil no nível 5.”. Além disso, a revisão aponta três grandes motivos para investir no ensino de ciências: “necessidade de começar a formar, desde cedo, aqueles que serão os futuros pesquisadores e cientistas; fazer com que todos os cidadãos de uma sociedade moderna, entendam as implicações mais gerais, positivas e problemáticas, daquilo que hoje se denomina “sociedade do conhecimento”; fazer com que todas as pessoas adquiram os métodos e atitudes típicas das ciências modernas, caracterizadas pela curiosidade intelectual, dúvida metódica, observação dos fatos e busca de relações causais”.

Ainda segundo a publicação da ABC, “a idéia de que a educação em ciências deveria ter como foco inicial o desenvolvimento de atitudes mais gerais de curiosidade, observação dos fatos e busca de relações causais”, abordagem, conhecida nos Estados Unidos como *hands on*, e no Brasil como *Mão na Massa*, deve-se a Leon Lederman, Prêmio Nobel de Física de 1988. Para que essa abordagem tenha sucesso faz-se necessário que o programa:

- Desenvolva-se a partir das experiências, teorias iniciais e condições de vida que as crianças trazem consigo;
- Faz uso da curiosidade das crianças, ao mesmo tempo em que as encoraja a buscar suas próprias perguntas e desenvolver suas próprias idéias.
- Envolve as crianças em exploração em profundidade de um assunto de cada vez, em um ambiente cuidadosamente preparado.
- Estimula as crianças a refletir, representar e documentar sua experiência, e compartilhar e discutir suas idéias com outros.
- Está integrado ao trabalho e às brincadeiras das crianças.
- Está integrado com outros domínios.
- Dá acesso a experiências científicas a todas as crianças.

Dentro deste contexto a ABC lançou o "**Programa ABC na Educação Científica Mão Na Massa**", com os seguintes dez princípios:

1. As crianças observam um objeto ou um fenômeno do mundo real, próximo e perceptível e experimentam com ele.
2. Durante suas investigações as crianças argumentam, raciocinam e discutem suas idéias e resultados, constroem seu conhecimento - uma atividade puramente manual não é suficiente.
3. As atividades propostas aos alunos pelo professor são organizadas em seqüências de acordo com a progressão de sua aprendizagem. Realçam pontos do programa e deixam boa parte à autonomia dos alunos.
4. Um mesmo tema é desenvolvido durante ao menos duas horas semanais ao longo de várias semanas. Durante a escolaridade assegura-se uma continuidade de atividades e métodos pedagógicos.
5. Cada criança terá um caderno próprio com suas experiências e anotações próprias.
6. O objetivo maior é uma apropriação progressiva de conceitos científicos e de aptidões pelos alunos, além da consolidação da expressão escrita e oral.
7. Solicita-se às famílias e aos moradores do bairro a cooperação com o trabalho escolar.
8. Os parceiros científicos nas universidades acompanham o trabalho escolar e colocam sua competência à disposição.
9. Os educadores colocam sua experiência pedagógica e didática à disposição do professor.
10. O professor encontra na Internet módulos a executar, idéias para atividades e respostas às suas perguntas. Ele pode também participar em trabalhos cooperativos, dialogando com colegas, formadores e cientistas

Atualmente, este programa produziu módulos didáticos e kits educacionais, por exemplo, “composto de material de apoio para o professor, sugestão de atividades, formulários de registro do aluno e kit de experiência para a sala de aula, em geral um para cada professor, para uso em sala de aula. Os *kits* consistem de materiais simples, como garrafas PET, canudos, bexigas de borracha, etc. , de modo que a escola pode providenciar 5 a 10 conjuntos para cada sala, sem dificuldade.”

As universidades também estão engajadas nessa visão de uso de kits. Por exemplo, a Coordenadoria de Divulgação Científica e Cultural, CDCC, da USP/São Carlos, na década de oitenta ministrou em todo o Brasil “cursos de aperfeiçoamento para professores da rede estadual de segundo grau e nos seus laboratórios e oficinas foram concebidos e realizados os *kits* para ensino de Física da Experimentoteca da Coordenadoria” (REDONDO, 1994).

Em resumo, segundo estudo de Souza (SOUZA, 2006)

O termo **Construção de “kits”** tem a ver com o movimento do ensino experimental que trouxe o aluno para o centro do processo de ensino-aprendizagem, na medida em que postulava a necessidade de vivenciar o fenômeno para possibilitar a aprendizagem, quer por atividades experimentais individualizadas quer por meio de demonstrações coletivas. Pode-se considerar que a expressão **materiais simples e de baixo custo** remete a um movimento que tem suas origens nas tendências tecnicistas dos anos 1960, que criaram uma demanda, por parte dos professores, de viabilizar atividades práticas dificilmente realizáveis porque muitas das escolas não eram devidamente equipadas para a realização de atividades experimentais. O terceiro termo negrito, **atividades lúdicas**, tem relação com a tendência pedagógica de tornar o processo de ensino-aprendizagem algo prazeroso e significativo para os alunos. Não se pode negar que as atividades lúdicas afetam de forma benéfica alguns aspectos ligados à aprendizagem, como a socialização, afeição, motivação e criatividade

### ***2.2. Abordagem do grupo quanto ao desenho, montagem e construção dos equipamentos ambientalmente corretos e os 12 princípios engenharia química verde.***

Como comentado na introdução deste trabalho, kits de ensino são fundamentais para incitar o interesse para o estudo nas áreas de engenharias e, como abordado no início deste capítulo, kits são fundamentais no ensino de ciências. Portanto, o grupo onde esse trabalho se insere desenvolve material específico para o ensino superior, mas que pode facilmente ser adaptado para o nível médio.

Os principais conceitos que levam à definição das condições de contorno na montagem e construção de tais kits são:

#### ***2.2.1. A necessidade de ensinar engenharia química sob uma nova perspectiva***

Silva apresentou uma década atrás, às razões porque o ensino de engenharia química e de engenharia eletrônica poderiam se beneficiar de uma abordagem comum (SILVA, 2006).

São elas:

Ao longo das últimas décadas, a evolução das novas tecnologias impôs inúmeras e profundas mudanças nos currículos de engenharia para os campos da química e eletrônica.

Novos temas multidisciplinares, extremamente importantes para a sociedade

contemporânea, têm surgido e demandado mais e mais atenção. Por exemplo, é o que tem ocorrido com a ciência dos materiais e temas relacionados à produção limpa e soluções "verdes" e sustentáveis. Engenharia química e unidades de operação aplicadas à manufatura de eletrônicos representam as principais preocupações devido à alta relevância destas indústrias para a vida moderna.

As operações de microeletrônicos seguem conceitos fundamentais: dinâmica dos fluidos, termodinâmica, transferência de massa e calor, engenharia eletroquímica, controle de processo, engenharia de reação e cinética. (KORETSKY, 2003).

Silva apresentou também uma Tabela (reproduzida na Tabela 1) de principais tendências de engenharia eletrônica e engenharia química.

<b>Tabela 1: tendências</b>	
<b>Eng.Eletronica</b>	<b>Eng.Química</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Novos materiais</li> <li>• Tecnologia limpa</li> <li>• Miniaturização e nanotecnologias</li> <li>• Ferramentas de simulação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operações unitárias</li> <li>• Fluidos dinâmicos</li> <li>• Preocupações ambientais ,como               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Química verde.</li> <li>○ Prevenção de poluição.</li> <li>○ Miniaturização e novos processos de produção.</li> </ul> </li> </ul>

Para viabilizar essa nova abordagem é necessário considerar:

### **Os 12 princípios da engenharia química verde**

Desde que a necessidade de rotas de produção mais ecologicamente amigáveis, tornou-se ainda mais relevante, os denominados "12 princípios da engenharia química verde" têm sido incorporados ao currículo. (SHONNARD, 2003) Shonnard sugere que se tenha atenção "especialmente aos métodos para avaliar o grau de risco de produtos químicos, estratégias para prevenção de poluição e abordagens que levem a eficiência energética e utilização de materiais.

- ▶ **Prevenção:** Evitar sobras ou resíduos.
- ▶ **Economia:** O sistema tem que ser maximizado para aproveitar a incorporação de materiais do início até o produto acabado.
- ▶ **Síntese de produtos menos perigosos:** Devem gerar produtos de pouca ou de nenhuma toxicidade aos seres humanos e ao meio ambiente.
- ▶ **Desenvolvimento de produtos seguros:** Produtos finais eficientes que não agridam o ambiente.
- ▶ **Desenvolvimento de produtos solventes e substancias auxiliares mais seguros:** Buscar sempre que sejam desnecessários e quando não pudermos abrir mão do uso, que sejam inofensivos.
- ▶ **Eficiência de energia:** A utilização de energia deve ser econômica, com mínimos ou nenhum impactos ambientais, sempre de preferência em pressão e temperatura ambiente.

- ▶ **Uso de fontes renováveis:** Usar matérias primas renováveis e de forma economicamente viável.
- ▶ **Evitar formação de derivados:** Deve ser minimizada e se possível ser evitada.
- ▶ **Catálise:** Uso de reagentes catalíticos são melhores que os estequiométricos.
- ▶ **Produtos degradáveis:** Produtos que no final de seu uso sejam degradados e inócuos ao ambiente.
- ▶ **Análise em tempo real para a prevenção da poluição:** monitoramento dentro do processo a fim de evitar substâncias nocivas.
- ▶ **Química intrinsecamente segura para a prevenção de acidentes:** minimizar riscos de explosões e acidentes.

### **2.2.1. Equipamentos ambientalmente corretos.**

Stroebe (STROEBE, 2001) enfatiza a importância dos processos integrados e design de produtos, considerando sua eco-eficiência e aceitabilidade social bem como Stroebe também descreve a implementação destes conceitos no ensino da "utilização de casos de estudo interdisciplinares e voltados ao trabalho em equipe, desenvolvidos em cooperação com a indústria química.

Equipamentos ambientalmente corretos podem ser aqueles que transformam uma empresa grande em partes menores e mais eficientes (HASEBE<sup>a</sup>, 2004) ou que mudam um processo ou processos para torná-lo(s) menos impactante (SERNA, 2007) ou mais ecoeficiente (FREUND, 2008) por exemplo, pelo desenvolvimento de novos catalisadores (IGARASHI, 2005).

#### A tendência à miniaturização

A miniaturização é uma importante força motriz para o desenvolvimento de processos químicos verdes e um significativo avanço em direção a um mundo sustentável. A miniaturização pode ser útil para remoção de partículas em líquidos ou gás, na separação de misturas, para micro colunas cromatográficas, pré-tratamento de amostras, aplicações pedagógicas (SILVA<sup>a</sup>,2010) e microreatores (MILLS,2007).

### **2.2.2. A importância do setor eletroeletrônico no desenvolvimento de ferramentas de ensino**

Como abordado na introdução, o setor é líder no uso de kits didáticos, porém, a ênfase maior é para a área de automação, não engenharia química. Contudo, as considerações anteriores mostram as vantagens de unir essas duas vertentes da engenharia.

### **2.3 Kits desenvolvidos até o momento e a teoria envolvida na construção destes**

Os kits que foram objeto deste trabalho foram construídos por diferentes pessoas e encontram-se em diferentes estágios de desenvolvimento. Como segue:

- kit para ensino de reatores de tratamento de água residual em empresas de semicondutores. Desenvolvido no trabalho de mestrado de A. S. Brejão foi alvo de simulação sobre várias condições de uso e extensivamente utilizado para compreender a condição de uma empresa. Assim, esse kit só precisa de pouca ou nenhuma adaptação para uso na área de ensino.
- kit para ensino de operações unitárias e ângulo de contato. Desenvolvido por Luiz Fernando Pinto em seu trabalho de iniciação científica, FATEC/SP, encontra-se operacional, mas não foi descrito. Portanto, será etapa obrigatória desse trabalho a descrição de tal kit e teste de uso com alunos do ensino superior.
- kit para ensino de adsorção e pesagem. Desenvolvido por Felipe Lucas da Silva, FATEC/SP, e descrito em seu trabalho de graduação, a ser defendido. Aqui será feito apenas uma breve descrição além do teste de uso com alunos do ensino superior.
- kit de acessórios. Há também, desenvolvido por Matsuy em seu trabalho de graduação, e completado por Minini em sua iniciação científica, que pode servir como backup para testes mais simples.

### 2.3.1 kit para ensino de reatores de tratamento de água residual em empresas de semicondutores



Figura 1 kit de tratamento de água residual desenvolvido por Brejão 2010  
foto do autor

De forma sucinta o kit de tratamento de água residual em empresas de semicondutores (BREJAO, 2010) trata-se de um sistema, similar a um real da indústria de semicondutores, porém 1000 vezes menor, ou seja, enquanto no kit pode-se tratar aproximadamente 1300 ml, na indústria se implantado esse conjunto de reatores, pode-se recolocar 13m<sup>3</sup> de água em reuso.

O kit da Figura 1 é aplicado do seguinte modo um misturador (M) recebe a água oriunda da fabricação de semicondutores, sendo esta água deionizada com particulados de silício remanescentes dos processos envolvidos na produção, neste misturador a água entra e adiciona-se sulfato de alumínio (floculante) e hidróxido de sódio (para diminuir acidez) e essa mistura é retirada por bombeamento pela região inferior e transportada

por uma mangueira distribuidora para o reator (1) onde, em período breve (aproximadamente 5 minutos), começa a decantar e novamente é bombeada pela mangueira distribuidora para o reator (2), onde ela já se encontra como uma emulsão de particulados bem reduzidos e, quando a decantação foi otimizada, ela sai por um tubo de ligação direta a altura de 6,2 centímetros para o coletor ( C ) já em condição de reuso, ou seja, isenta de particulados. Essa água, que já era deionizada, agora volta ao processo de fabricação e os particulados de silício acumulados nos reatores podem ser utilizados como co-produtos em argamassas e compostos de cimento.

### ***2.3.2 kit para ensino de operações unitárias e ângulo de contato***

Muito embora o kit para operações unitárias tenha sido praticamente completamente desenvolvido por Pinto (PINTO, 2012)( PINTOa, 2012), a sua descrição não é abrangente na bibliografia desenvolvida pelo autor, portanto, uma melhor descrição será dada no item resultados e discussão.

Segundo Pinto (2012) usando microscópio digital com ampliação de até 400X e de pequena dimensão, além de integração microcomputador, é possível avaliar microestruturas que apresentam canais tridimensionais com dimensões da ordem de 100  $\mu\text{m}$ . Para tanto, o microscópio é mantido em um sistema que tem compressor de aquário e tubulações comuns na área médica para inserção de fluidos. A estrutura é mantida na posição desejada por meio de duas pinças e a imobilização das duas peças ocorre em uma base de material plástico.

O ângulo de contato (PINTO<sup>a</sup>, 2012) usa microscópio digital com ampliação de até 200X e medida do perfil da gota em programa de microcomputador. A gota sobre a superfície tem cerca de 0,01 mL e o microscópio é adaptado a uma base de madeira, para controle de distância focal entre amostra (gota) e objetiva (corpo do microscópio). foi produzida com seringa descartável de 0,3 mL de volume total.

Estruturas miniaturizadas: para esse trabalho foram utilizadas as estruturas para mistura e para obtenção de spray: para misturas foram usadas estruturas planares desenvolvidas por Leminski para mistura de produtos com diferentes viscosidades ou vazões de transporte (SILVA<sup>a</sup>). Para spray foram usadas estruturas tridimensionais testadas no trabalho de Matsuy. Nos dois casos faz-se necessário o uso do compressor de ar.

### ***2.3.3 Kit para ensino de adsorção e pesagem***

Kit didático para adsorção e pesagem (SILVA<sup>b</sup>, 2013) trata-se de um kit que funciona com uma microbalança de quartzo, a qual é feita a partir de um circuito oscilador - formado por um cristal oscilador de quartzo (conhecido como PQC) de aproximadamente 7Mhz e respectivo circuito. O conjunto transfere a informação da frequência, cuja referência é 7Mhz, para o frequencímetro para aquisição e interpretação de dados.

O cristal piezelétrico tem como característica ser muito sensível a qualquer variação eletromecânica, sendo atuante como sensor nesta aplicação.

Para seu uso como sensor, a parte interna do dispositivo é exposta para liberar o cristal, para tanto, seu invólucro metálico é cortado.

Uma vez o cristal exposto, este recebe a deposição de um material como, por exemplo, uma nano fibra, após essa deposição, este cristal é colocado em câmara de vapor, que

pode ser vapor de água ou vapor de composto orgânico volátil (acetona, etc.) na qual se tem o uso do kit no modo de adsorção.

Se o valor do cristal sofrer alteração pode ser caracterizado o material ou estrutura formada como bom sensor, se acontecer o contrário, isto é o cristal não alterar o valor, o material ou estrutura é caracterizado como de proteção, tendo boa aplicação, por exemplo, em revestimento de tanques.

O mesmo cristal também pode ser usado para aferir massas em microgramas, sendo caracterizado como modo de pesagem de precisão de microgramas, onde pequenos pesos, através do mesmo circuito usado para adsorção, mas agora sem a câmara, acusa variações que são convertidas em unidade de massa se comparada com um peso padrão (peso padrão que é feito com esferas de papel alumínio, cuja densidade é bem controlada).

#### **2.3.4 Kit de acessórios (manipulação de fluidos)**

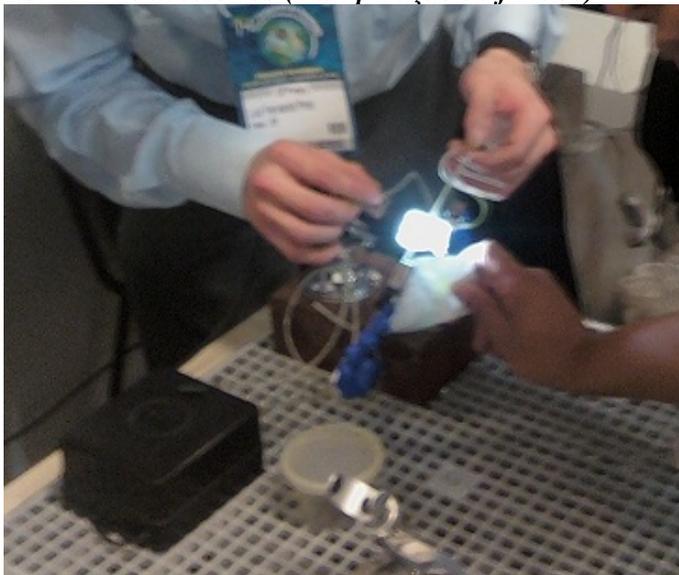


Figura 2 kit manipulação de fluidos ,(MINI,2010),, foto do autor

Trata-se de um kit muito compacto, didático e de mistura de fluidos ou sprays (Figura 2) que utiliza microestruturas, que possuem microcanais dispostos em forma helicoidal e transparentes para facilitar a visualização, onde os usuários podem verificar o caminho (traço) da mistura e acompanhar o resultado em alvo feito de papel.

As microestruturas apresentam microcanais que se interconectam com ângulo de bem distintos (peças com ângulos de entrada diferentes), onde com as entradas perfiladas a 90° a interação é mais intensa entres as substâncias. Essa interação também depende da densidade das substâncias as quais se deseja misturar.

Como resultado final tem-se um microspray, de gota com 10 $\mu$ m, o que pode ser constatado em um alvo que pode ser uma folha de transparência ou até um papel sulfite (este último não permite limpeza e é descartável).

Com o auxílio de um microscópio de aumento 400X é possível verificar a mistura ou spray em detalhes e com a possibilidade de registro.

### **3. Metodologia, materiais e métodos**

#### Metodologia

Esse trabalho teve as seguintes etapas:

1. estudo de cada kit previamente montado, para averiguar pontos fracos e fortes, ameaças e oportunidades (análise SWOT)
2. proposta, se necessário, de mudança dos kits
  - implantação, se necessário, da mudança
3. escolha da forma de ensino
  - apostilado?
  - por demonstração?
  - etc.
4. testes de ensino usando os kits
  - análise de respostas obtidas pelo uso dos kits,
  - etc.
5. término da análise SWOT e propostas de possíveis melhorias

Quanto ao método de teste utilizado nos kits, que pode ser entendido como método aberto de ensino, este apresenta como vantagens (COELHO, 2008).

de se considerar o conhecimento prévio ... através das atividades propostas, visando conhecer as idéias prévias e considerá-las no planejamento das atividades; de não se fornecer respostas prontas permitindo a investigação dos fenômenos e a formulação livre de questionamentos com elaboração de hipóteses e ampla discussão dos problemas; de se favorecer a interação social nos pequenos e grandes grupos e mediar as discussões, além de se manter uma flexibilidade no planejamento das atividades.

Além disso, é uma proposta pedagógica que:

utiliza o erro como um ponto importante no processo formativo. A frase do escritor irlandês Oscar Wilde (1854-1900) "Experience is the name everyone gives to their mistakes." ("Experiência é o nome que qualquer um dá aos seus erros") indica quão antiga é a reflexão sobre o papel do erro na aprendizagem. O caráter negativo (e muitas vezes destrutivo) que o erro possui no trabalho humano sempre foi transposto, sem reflexão, para o processo educacional. Pedagogias que incentivam a discussão crítica do erro do aluno no seu processo formativo e na construção do aprendizado são também aquelas que, via de regra, incentivam a atitude criativa para a solução do erro por parte de alunos. Em Ciência qualquer triunfo é fruto de uma longa lista de erros ( CARDOSO,2010).

Observe-se que Andrade (ANDRADE, 2011), considera que

O roteiro tradicional deve ser modificado. Neste reside a maior crítica sobre a metodologia tradicional. Os roteiros detalhados, feitos com o intuito de que a prática ocorra no tempo fixado, estão perfeitamente de acordo com os objetivos da aula tradicional. Por outro lado, roteiros desse tipo são mais aplicáveis em atividades de treinamento com pouca contribuição para a pretendida formação de Engenheiros ou Físicos com elevada capacidade de análise crítica.

Nos roteiros modificados propõe-se que seja mantido o título, o problema a ser resolvido, os equipamentos e materiais disponíveis para medição bem como as medidas requeridas. Ou, alternativamente, o professor apresenta verbalmente os materiais e métodos disponíveis bem como o problema. Considera-se que quanto mais aberto, bem definido e mais detalhado o problema, melhor. Lembrando que o problema deve ser compatível e similar com o do livro texto e a matéria cursada na disciplina para que o nível de dificuldade de formulação seja compatível com o nível de conhecimento da classe.

### Materiais e métodos

Como métodos foram utilizadas todas as propostas feitas pelos autores dos kits e, também, adaptações descritas no item resultados e discussão

Como materiais foram utilizados, além de água destilada, os seguintes reagentes, todos grau P.A.:

- Compostos orgânicos em larga faixa de polaridade: n-hexano, acetona, 2-propanol, etanol
- Hidrocarbonetos em duas faixas de viscosidade óleo mineral (43 cSt), vaselina (16 cSt) e glicerol (650 cSt)
- Traçadores: azul de metileno (para glicerol) e negro de Sião (para óleo mineral e vaselina)

#### 4. Resultados e discussão

Nesse capítulo serão apresentados os testes dos kits – efetuado com grupo não controlado, por exposição no Congresso de Tecnologia da FATEC, ocorrido em setembro de 2012. A seguir, o resultado obtido foi avaliado pelo uso da análise SWOT<sup>1</sup> - para proposta de melhoria contínua. Por fim, descrevem-se os testes prévios das referidas propostas de melhoria.

##### 4.1 Testes dos kits

A disposição dos kits testados no estande do congresso de Departamento de Sistemas Eletrônicos, DSE, no Congresso de Tecnologia da FATEC, pode ser visualizada na figura 3, discutidas a seguir.



Figura 3 Fotos do congresso

<sup>1</sup> Análise SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats) ou (Potencialidades, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças): A análise SWOT ou análise FOFA ou PFOA (em português) é uma ferramenta simples e útil na análise de ambiente, sendo adequada para gestão e planejamento estratégico desde uma corporação multinacional até atividades simples e individuais.

De modo geral, o layout não teve intenção de privilegiar qualquer um dos kits e decorreu, principalmente, da área disponível para a apresentação. Além disso, como o local é em ângulo e de fácil acesso, todos os kits podiam ser visualizados pelos visitantes.

O processo de interação com o material didático também não diferiu significativamente entre os kits. Como comentado na bibliografia, e lembrado na metodologia, durante o congresso, o aluno podia manusear o material enquanto tinha atenção total de um instrutor. Cerca de 100 pessoas visitaram o estande e, em todos os casos, antes de manusear o material, o visitante recebia algumas informações sobre o kit, tais como, objetivo a ser alcançado e os recursos à disposição. Por fim, por uma hora durante cada dia, o visitante podia agendar uma atenção personalizada.

Os testes foram livres e também a possibilidade de responder a um testemunhal (ver perguntas do testemunhal e as respostas obtidas no Anexo 1). A cada pessoa, contudo, o tutor perguntava se havia “gostado da experiência”. As respostas invariavelmente foram positivas. Por fim, é útil observar que outros usos - além do previsto pelos desenvolvedores dos kits - foram aventados durante a apresentação. Assim, foi comum o uso dos microscópios para avaliação de impressões digitais (nos primeiros 3 dias de exposição) culminando com o uso para avaliação de vários tipos de cabelos e seus respectivos danos (no últimos 2 dias). As fotos da figura 4 apresentam resultados obtidos em tais situações fotos.



Figura 4 Fotos das digitais analisadas pelo microscópio 200X.

Observa-se, ainda, que em entrevistas não estruturadas enquanto alunos de 2º grau se sentiram motivados com experimentos; alunos de 3º grau acharam um grande aliado ao ensino tradicional.

#### **4.2 Análise SWOT**

A seguir ,apresentam-se, separadamente para cada kit, a análise SWOT e a solução proposta. De modo geral, contudo, pode-se dizer que os kits:

**S** – como pontos fortes indicaram-se a 1)facilidade de uso e 2)a possibilidade de aprender conceitos complexos, “como os apresentados no CSI<sup>2</sup>” segundo testemunhal;

**W** – 1) as conexões de todos os kits são frágeis, o que indica a necessidade de uso de conexão mais rígida; 2) a descrição dos kits estão “espalhadas” em diversos artigos

<sup>2</sup> Seriado de televisão famoso por suas análises científicas em processos criminais

científicos, muitos dos quais não tem como foco principal o kit e/ou partes e peças destes, o que levou os visitantes a perguntar se não tinha um “pequeno guia”;

**O** – 1) pela facilidade de operação, o kit pode ser usado de modo não dirigido, como o teste de campo indicou, por exemplo, com a obtenção de impressão digital.

**T** – 1) as conexões podem ser modificadas como descrita nos próximos itens; 2) torna-se necessária uma descrição genérica dos kits (pré-manuais), de preferência pictórica, para permitir manipulação direta e após tempo muito curto de “preparação” (Anexo2), ou seja, um pequeno guia, como requerido pelos visitantes.

#### ***4.2.1 Kit para ensino de reatores de tratamento de água residual em empresas de semicondutores.***

Como resultado principal do uso do kit tem-se que (SWOT):

**S** – como ponto forte observou-se o interesse imediato no kit, talvez por sua aparência bem produzida;

**W** – observou-se que os conceitos envolvidos no kit dificultam propor um procedimento de uso em um tempo curto de manipulação. Assim, os visitantes não se dispuseram a testar o kit Sergio porque consideraram difícil compreender os conceitos envolvidos, e pediram para que os instrutores “demonstrassem” a experiência.

**O** - a dificuldade de utilização do kit Sergio pode ser superada pelo uso deste kit em aulas expositivas.

**T** – A solução encontrada (Anexo em CD) foi a filmagem de seu uso em uma aula virtual, para que o professor possa adicionar conceitos anteriormente ao uso do kit, permitindo que o aluno possa explorar as idéias individualmente, por exemplo consultando a web, e, então, manipular o aparato sozinho.

#### ***4.2.2 Kit para ensino de operações unitárias e ângulo de contato***

O kit para ensino de operações unitárias e ângulo de contato é melhor descrito a seguir. Breve descrição é como segue: o sistema possui uma base perfurada (Figura 5A), onde compressor de ar, estruturas miniaturizadas, etc. podem ser presos utilizando-se, para tanto, de pequenos pads (Figura 5B). Assim, todo o conjunto é ao mesmo tempo móvel – durante a montagem - e fixo, durante o experimento. Essa base é de material plástico, o que evita corrosão mesmo que material mais agressivo, como ácidos ou bases sejam utilizados. Para evitar que possíveis derramamentos de reagentes atinjam uma mesa ou outro suporte qualquer utilizado durante os experimentos, há uma cobertura inferior feita de metal.

Dos componentes que podem ser utilizados sobre a base são dignos de nota:

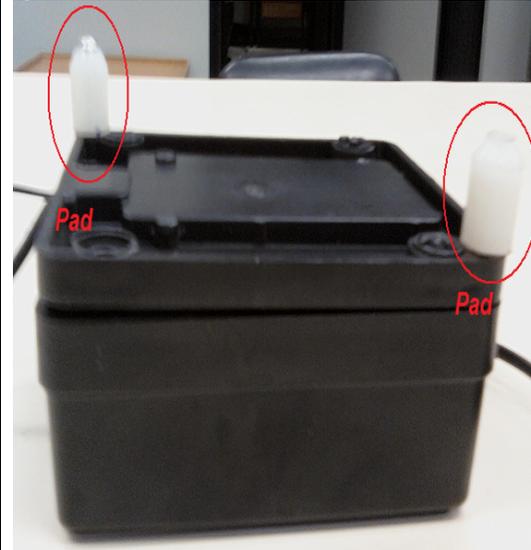
Arranjo para ângulo de contato (Figura 5C): consiste em uma base de madeira que permite que o microscópio digital fique em distância adequada para visualização de uma gota colocada em uma amostra.

Microscópios digitais – de 200 e 400 vezes de ampliação, são pequenos, móveis e fáceis de usar. Permitem olhar desde as estruturas miniaturizadas até detalhes amostras trazidas por terceiros (como comentado em resultados e discussão). Além da própria base de fixação – ou da estrutura – para medida de ângulo de contato - podem ser usados manualmente.

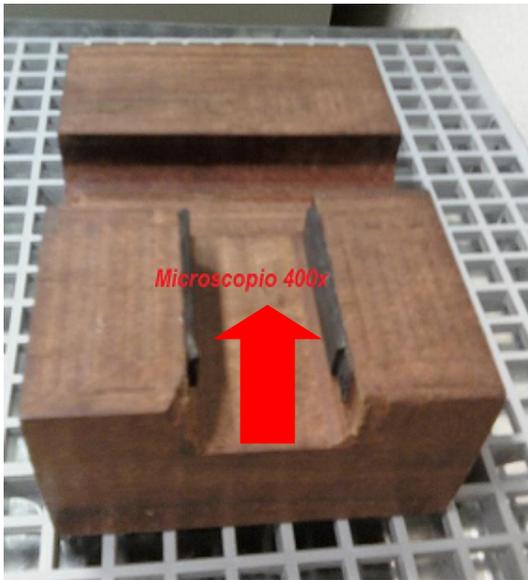
A Foto da base.



B Foto do compressor mostrando o pé (pad).



C Foto da base de madeira para ângulo de contato.



D Foto da base de fixação própria para o microscópio.



Figura 5 kit para ensino de operações unitárias e ângulo de contato  
Fotos do autor

Como o ponto fraco são as conexões com as microestruturas (microreatores). A ação corretiva foi utilizar nas próximas estruturas conexões padrão hospitalar, como da figura 6.



Figura 6 conexões padrão hospitalar

#### ***4.2.3 Kit para ensino de adsorção e pesagem.***

De modo geral, pode-se dizer que o kit:

**S** – como ponto forte tem a possibilidade de medida de valores muito pequenos e compreender questões como umidade, adsorção e sensores;

**W** – 1) o filme de adsorção usado no kit não apresenta possibilidade de medir VOCs, ou outros contaminantes semelhantes, com intensidade semelhante à obtida para água; além disso, 2) esse filme é de difícil obtenção, dependendo de uma fonte de alta tensão para tanto e de pessoal especializado;

**O** – considerando que o custo do kit é derivado principalmente do frequencímetro, uma solução é a montagem de aquisição de dados baseado em microcontroladores. Essa opção já foi aventada por Silva<sup>b</sup> (2013) em sua monografia e atualmente encontra-se em desenvolvimento por Leite (2011), portanto, não foi abordada nesse trabalho.

**T** – 1) o filme adsorvente usado no kit pode ser modificado para medir VOCS ou mesmo substituído.

#### 4.2.3.1 Filme adsorvente

Foi testada a produção de filme adsorvente, a base de HMDS<sup>3</sup>, diretamente sobre o cristal piezelétrico de quartzo (PQC) utilizando deposição por plasma à pressão ambiente (APCVD) e a figura 7 apresenta o arranjo experimental com o PQC posicionado sobre a tocha de plasma e o resultado da admissão de hexametildissilazana (HMDS) à tocha de plasma de argônio.

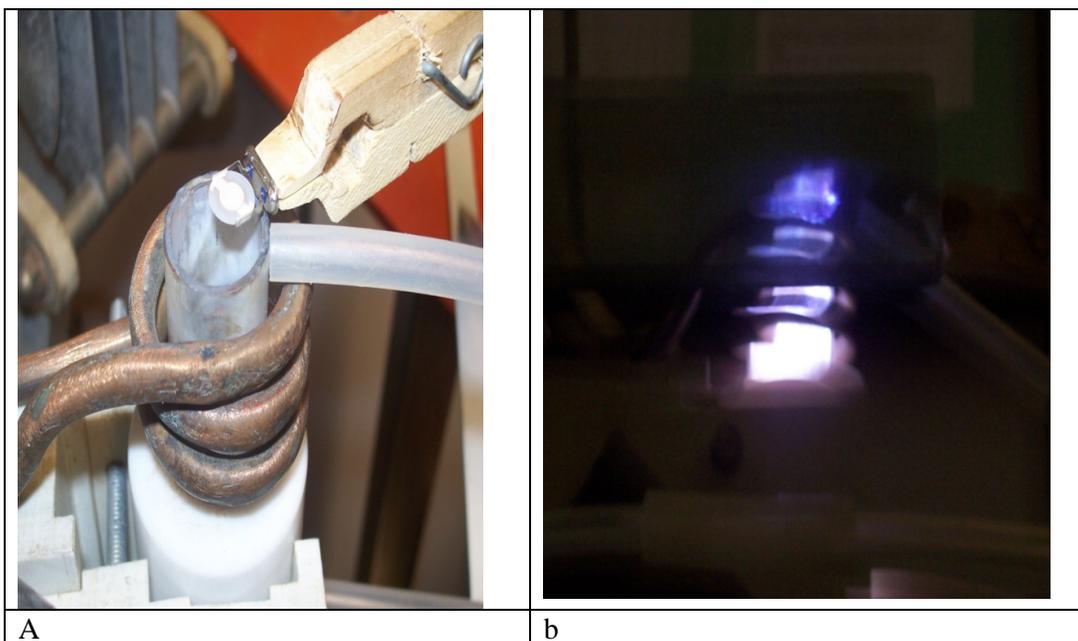


Figura 7 a) arranjo experimental com o PQC posicionado sobre a tocha de plasma e b) admissão de HMDS à tocha de plasma de argônio

Dentre os vários modos de admissão possíveis, o que se mostrou mais eficiente foi a adição, por gás de arraste, de fluxo de HMDS internamente à tocha. Deste modo, evita-se a exposição da molécula ao oxigênio do ar, o que facilita a deposição de filme fino com radicais carbônicos presentes. A figura 8 apresenta a medida de 2-propanol saturado e de água obtidas por PQC para filmes depositados nessas condições.

Como se obteve, preliminarmente, resultado adequado de medida com o filme de HMDS, tanto para água como um reagente orgânico (ou seja, possibilidade de medir VOCs), foi feito um teste mais detalhado da deposição usando esse reagente

<sup>3</sup> Trabalho desenvolvido em parceria com Alexandre Alves de Jesus, durante a realização da correspondente dissertação de mestrado (JESUS, 2013)

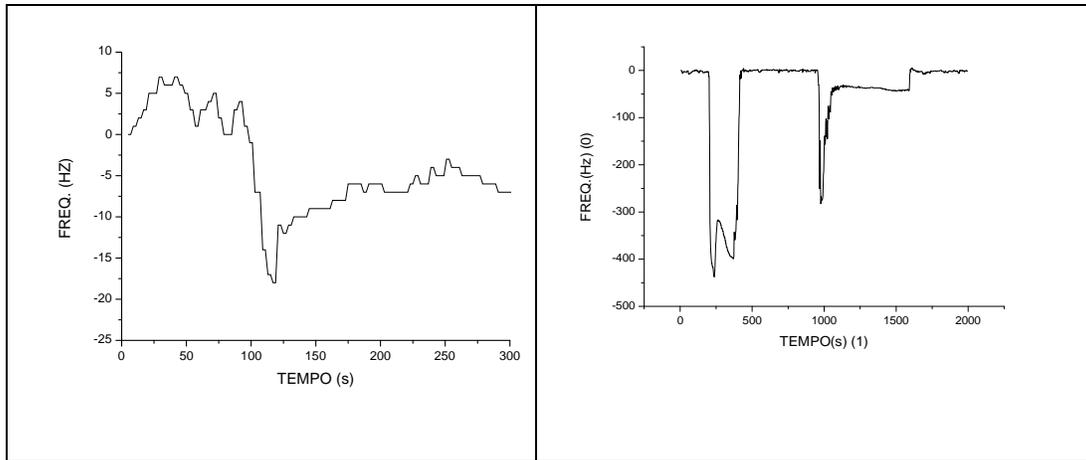


Figura 8 exposição de PQC com filme adsorvente a base de HMDS obtido em APCVD e reagente HMDS: a) 2-propanol 3 b) água

Para verificar possível modificação do PQC por aquecimento, foram feitas deposições e análise por microscopia óptica e a Figura 9 apresenta resultados típicos

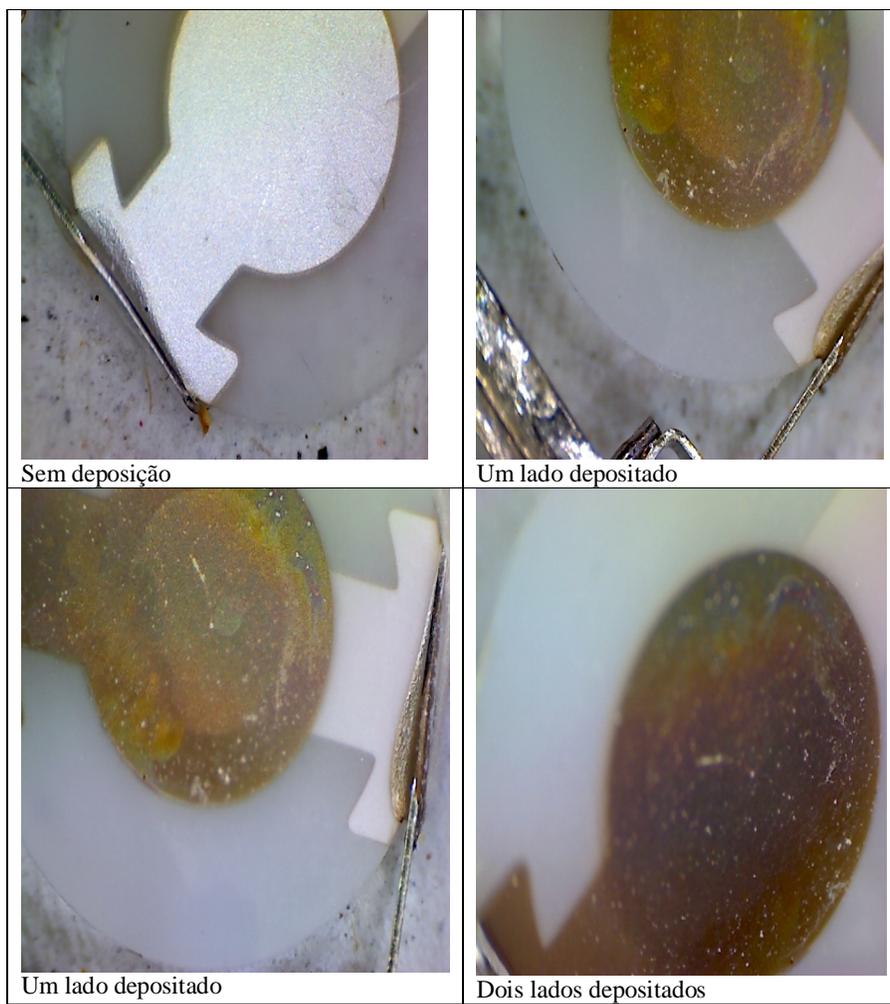


Figura 9 resultados típicos para deposição a base de HMDS por APCVD em cristais piezelétricos

Como há clara indicação de deposição, verificou-se inicialmente a distância mínima que se poderia manter o substrato em relação à tocha de plasma, e também tempo total de deposição, uma vez que a taxa de deposição é maior quanto mais próximo da saída da tocha (Jesus, 2013). Para tanto, usou-se substrato polimérico (PMMA e PVC, sensíveis a temperaturas altas) – para se verificar se ocorre modificação significativa na estrutura, por microscopia óptica, se há deposição efetiva (uso de silício como substrato, para permitir análise por microscopia e Raman) e PQC, para verificar mudança na frequência, ou seja, deposição (Tabela 1). As respectivas figuras encontram-se apresentadas na Figura 10

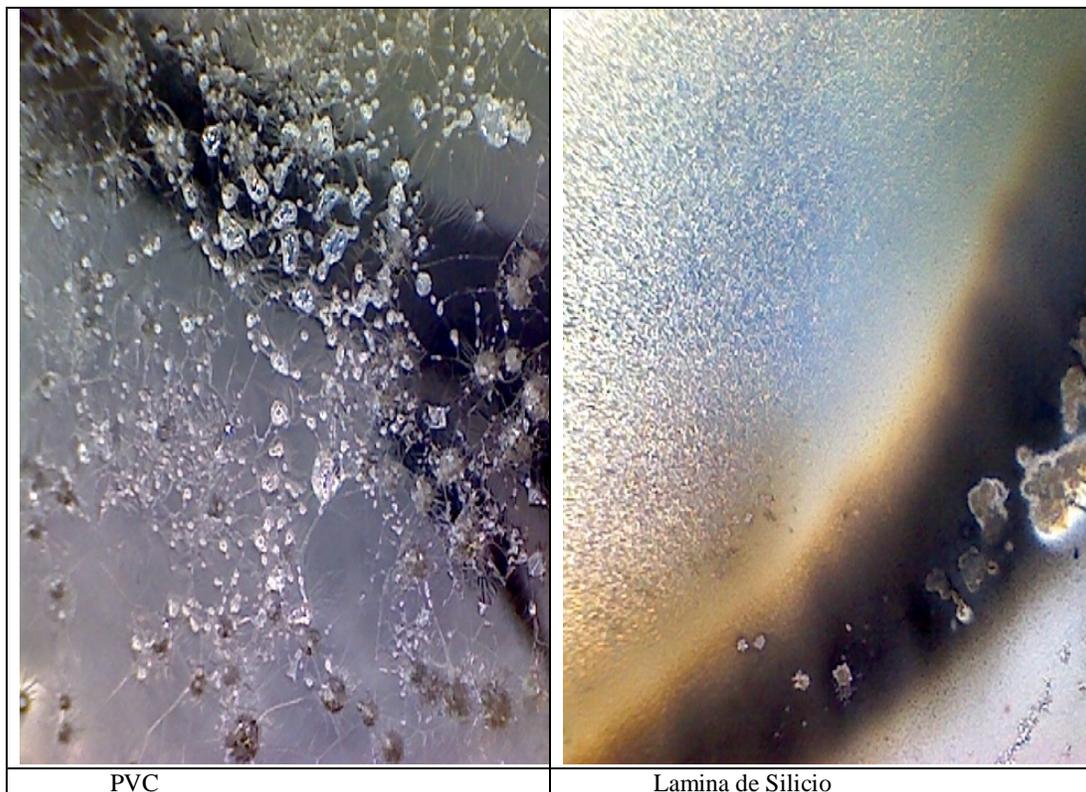


Figura 10 microscopia óptica para substratos expostos a tocha de plasma

**Tabela 1** - Testes de tempo mínimo suportado por um substrato em função da distância da tocha de plasma

Substrato	Distância da tocha de plasma (mm)	Tempo de exposição Plasma (seg)	Condições de deposição: FLUXOS Ar (l/min) Externo/ Interno	Resposta obtida
Si	2	2	25/1	Sem modificação
	2	2	25/1	Sem modificação
	5	32	13,5/7	Sem modificação
	5	32	13/6,5	Sem modificação
	5	31	13/7	Sem modificação
	5	30	13/6,5	Sem modificação
	2	31	13/6,5	Sem modificação
	2	1	24/1,2	Sem modificação
	2	3	20/0,9	Sem modificação
	4	3	16/1,2	Sem modificação
	4	3	11/1,2	Sem modificação
PQC	2	2	16/1,2	Sem modificação
	2	1	16/1,2	Sem modificação
	2	1	16/1,2	Sem modificação
Acrílico 8,5 mm	2	1	25/1,2	Sem modificação
Acrílico 5,98 mm	2	154	24/1,2	Sem modificação
PVC 0,9 mm	2	1	18,5/8,5	Sem modificação
	5	98	14/8,5	Sem modificação
	5	182	13/7,5	Não suportou
	10	1	14/8	Sem modificação
	10	2	13/7,5	Sem modificação
	10	3	14/9	Sem modificação
	2	62	13/7,5	Sem modificação
	5	61	13/7	Sem modificação
	5	182	12/6,5	Sem modificação
	5	47	13/8	Sem modificação
	5	17	13/6	Sem modificação
	5	31	13,5/7,5	Sem modificação
	5	33	15/9,5	Sem modificação

Como acrílico e PQC podem suportar a deposição por 3 min e na distância mínima da tocha, essas condições foram analisadas por microscopias óptica e Raman e as figuras 11 e 12 apresentam resultados típicos.

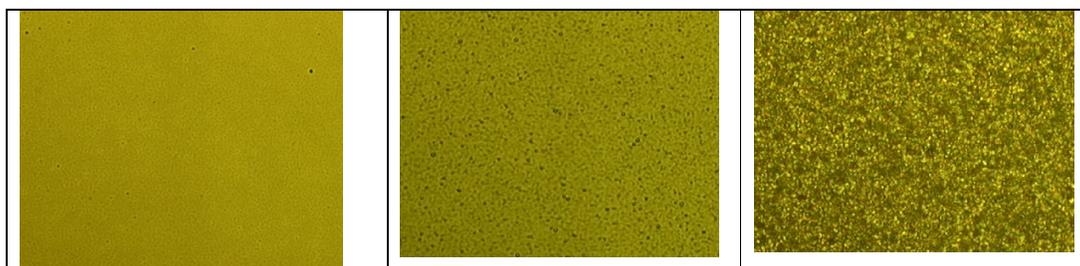


Figura 11 Microscopia óptica para deposição sobre Si de filmes a base de HMDS

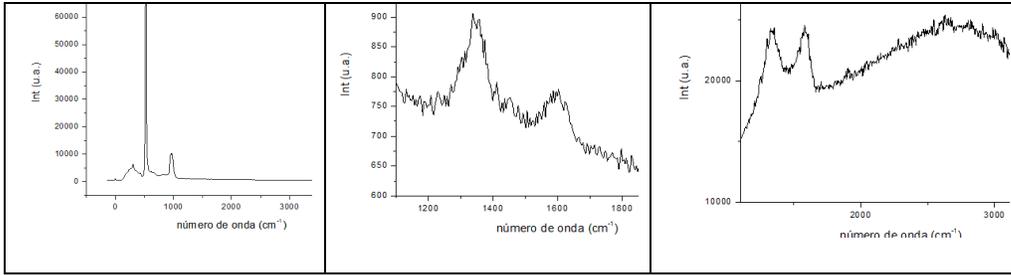


Figura 12 Microscopia Raman das amostras apresentadas na Figura 11

A existência do carbono amorfo provavelmente favorece a adsorção e resultado típico e mostrado na figura 13

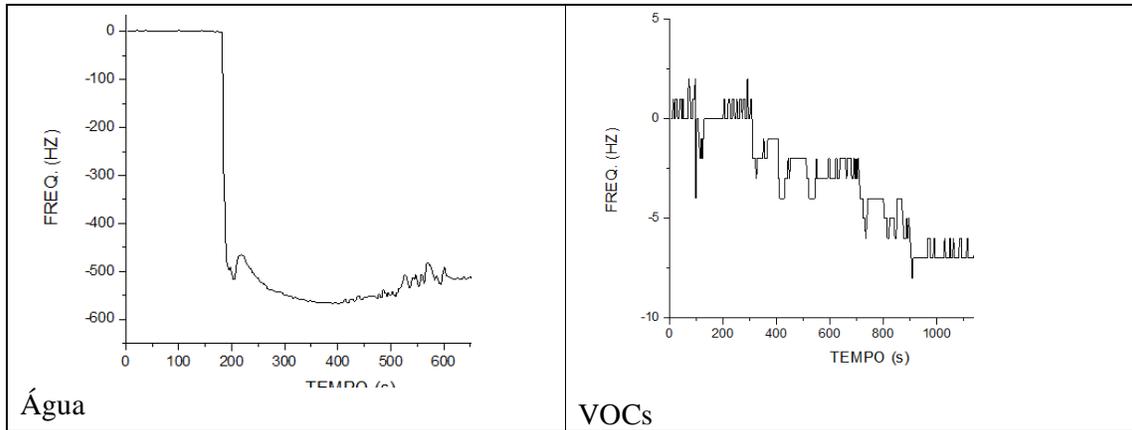


Figura 13 Resultado na microbalança de quartzo para exposição à água e 2-propanol(VOCs)

Um modo de melhorar o atual filme, a base de nanofibras, é pela modificação desta. As tabelas 2 e 3 apresentam resultado típicos para exposição da nanofibra e deposição sobre elas. Resultado típico obtido por microscopia óptica e apresentado na Figura 14.

Tabela 2. Testes efetuados na nanofibra de PAN obtida sobre Si para determinar possibilidade exposição à tocha de plasma para esse substrato polimérico. Exposição à tocha sem HMDS e distância de 2mm

Distância da tocha de plasma (mm)	Tempo de exposição ao Plasma (seg)	Condições de deposição: FLUXOS Ar (l/min) Externo/ Interno	Resposta obtida
2	60	17/1	Deposição feita Remoção quase total das fibras
2	15	12/1	Remoção parcial das fibras
2	15	15/1	A maioria das fibras se manteve sobre Si

Tabela 3. Condições em que ocorreram deposições. Testes efetuados na nanofibra de PAN ou PAN/amido obtida sobre Si ou PQC. Plasma de HMDS. Distância da tocha de plasma 2mm

Nanofibra/substrato	Tempo de exposição ao Plasma (seg)	Condições de deposição: FLUXOS Ar (l/min) Externo/ Interno
PAN/Si	60	18/1
PAN/Si	120	17/1
PAN/amido/Si	17	18/2
PAN/amido/Si	60	25/1
PAN/PQC	180	13/1
PAN/PQC	60	17/2
PAN/PQC	60	20/2
PAN/PQC	60	23/2
PAN/PQC	60	22/2
PAN/amido/PQC	60	25/2

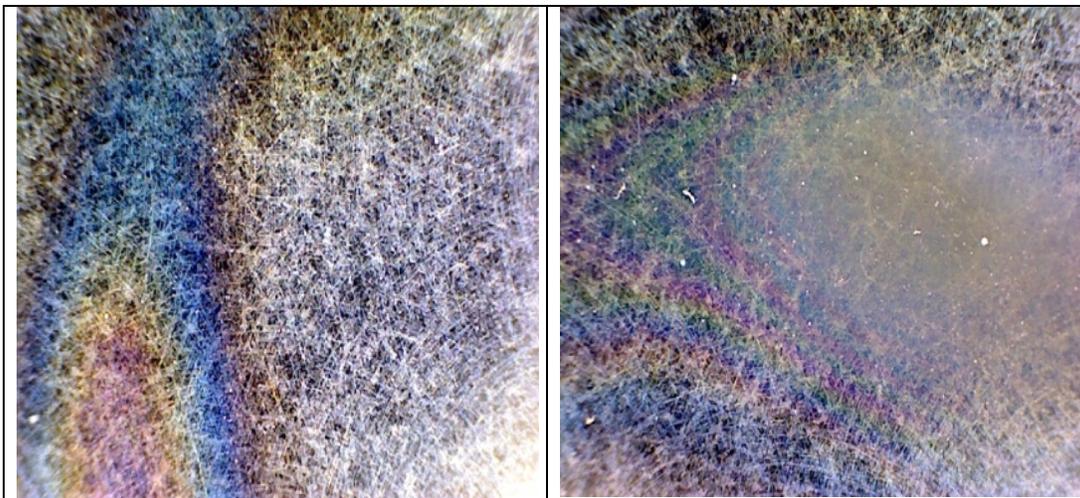


Figura 14 Resultados típicos obtidos por microscopia óptica em nanofibras de PAN e deposição por plasma de HMDS

Medidas de adsorção dos filmes depositados sobre PQC, contudo, não mostraram reprodutibilidade, provavelmente porque as fibras sofrem vários fenômenos simultaneamente. Assim, muito embora a adsorção possa aumentar, a aparente vantagem tem de ser determinada amostra a amostra, ou seja, o uso exigirá calibração.

#### 4.2.3.4. *Kit de acessórios*

Para esse kit as respostas dos possíveis usuários que adentraram o estande durante o Congresso de Tecnologia foi semelhante ao observado para o kit para tratamento de efluentes, resistência ao uso individual do produto. No presente caso, entrevista não estruturada indicou que há maior facilidade do kit maior, que também permite manipulação de estruturas. Portanto, esse kit é útil para demonstrações .

### ***4.3. Conclusões parciais***

A análise SWOT efetuada, em conjunto com a avaliação por observação direta do comportamento dos usuários durante o Congresso de Tecnologia, permitiu concluir que a principal ameaça, não em termos construtivos, mas na forma de interação, que os kits apresentam é a cautela inicial que todo usuário demonstrou ao tentar manipular os instrumentos. Para vencer essa inércia natural das pessoas frente ao novo, foram feitos pequenos vídeos para facilitar a criação de perguntas e respostas (Anexo CD), além de facilitar a visualização da utilização do material didático.

## ***5. Conclusões***

Esse trabalho teve como objetivo o estudo dos kits e respectivas estruturas miniaturizadas, com o intuito de sua descrição e teste. Dos 4 kits utilizados a análise SWOT apresentou poucas sugestões de melhoria e teste de campo, efetuado no Congresso de Tecnologia da FATEC-SP, indicou que os kits são altamente motivadores para pessoas o ensino médio e início de graduação. Desse modo, foi preocupação criar uma pequena demonstração de seu uso através de vídeo de curta duração

Propostas de melhoria também foram avaliadas e a que se mostrou como melhor opção foi obter novos filmes adsorventes.

No contexto deste trabalho, portanto, uma sugestão de trabalho futuro é um estudo mais sistemático no uso de nanofibras sobre PQC para obtenção de medidas de adsorção. Outra possibilidade é testar e, em caso positivo desenvolver medidas, produtos caseiros, tais como glicose, para desenvolvimento de filmes adsorventes. Se isso se mostrar possível, os kits se tornarão praticamente de fabricação manual, ou seja, acessíveis a todos e em qualquer lugar, independentemente de custo ou de formação especializada.

## Referências

ANDRADE, A.C., DINIZ, L.G., CAMPOS, J.C.C., *Uma Metodologia de Ensino para Disciplinas de Laboratório Didático*, REVISTA DE DOCÊNCIA DO ENSINO SUPERIOR, V. 1, N. 1, 2011, disponível em: <http://giz.lcc.ufmg.br/revista/index.php/RevistaGIZ/article/view/21>. acesso em 13/05/2013

BOESING, I.J., ROSA, J.A., JUNG, C.F., SPORKET, F. *Desenvolvimento de Competências na Formação do Engenheiro de Produção: Uma Contribuição a Partir do Ensino de Física*. Gestão da Produção, Operações e Sistemas – Ano 3, nº 4, 2008, p. 89-100.

BREJAO, A.S., *Possível Impacto Da Logística Reversa Na Melhoria Da Sustentabilidade: Um Estudo De Caso Do Setor Eletroeletrônico*. CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA, 2012, 149 pag.

CARDOSO, A.V., ALMEIDA, A.C., MATOS, L.V.S., COSTA, C.R., NASCIMENTO, F.P., RIERA, H.R.E., MAGALHAES, L.S., SILVA, L.I., PENA, J.C.C., MENESES, T., *Aprendizagem científica e tecnológica no ensino médio: uma experiência de design de material didático em 3D*, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Programa de Pos - Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia - PPGECTII, Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, 07 a 09 de outubro de 2010, Artigo número: 01 disponível em: <http://labmultimedia.org/site/wp-content/uploads/2010/08/ArtigoPolidesign2010.pdf> acesso em 13/05/2013.

COELHO, S.M., NUNES, A.D., WIEHE, L.C.N., *Formação Continuada De Professores Numa Visão Construtivista: Contextos Didáticos, Estratégias E Formas De Aprendizagem No Ensino Experimental De Física*, Cad. Bras. Ens. Fís., v. 25, n. 1, 2008, p. 7-34.

CUNNINGHAM, C.M., Hester, K. *Engineering is elementary: An Engineering and Technology Curriculum for Children*. Proceedings of the 2007 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Honolulu, Hawaii, American Society for Engineering Education, 2007

DONOHUE, S.K. RICHARDS, L.G. *Workshop - Elementary Engineering Education: Engineering Teaching Kits for K-5 Students*. 38th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference Session W3B, Saratoga Springs, NY, 2008

FREUND, H., SUNDMACHER, K., *Towards a methodology for the systematic analysis and design of efficient chemical processes: Part 1. From unit operations to elementary process functions*, Chemical Engineering and Processing: Process Intensification vol. 47, no. 12, 2008, p. 2051-2060.

HASEBE, S., *Design and operation of micro-chemical plants - bridging the gap between nano, micro and macro technologies*. *Computers & Chemical Engineering*, Vol. 29, 2004, p. 57-64.

HOWELL, A.L., SERSEN, D.W., *Using a web service, mobile device and low-cost robot to teach computer science and engineering*, *Electro/Information Technology Conference*, 2004, p. 234 - 245.

ICB Workshop *Material Didático Lúdico na formação científica e tecnológica*, disponível em <http://remgoias.blogspot.com.br/2010/08/icb-realiza-workshop-material-didatico.html>. acesso em 13/05/2013.

IGARASHI, A., *Catalytic reaction engineering toward Green chemical processes*, *J. of Chemical Engineering of Japan*, vol. 38, no. 10, 2005, p. 779- 784.

JESUS,A.A, *Modificação de filmes finos adsorventes visando a melhoria da detecção de compostos orgânicos voláteis/umidade*, Dissertação Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013, 138 p.

KORETSKY, M.D., CHANG, C.H., KIMURA., ROCHEFORD, S., SHANER, C., *Integration of Microelectronics-Based Unit Operations into the ChE Curriculum, Session 1313, Proceedings of the 2003 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, CD ROM, 2003.*

LEITE, A.R., LIMA, R.R, **Construção de equipamento para testes de microbalança de quartzo: aplicação no ensino de engenharias, workshop de pós graduação e pesquisa**, <http://www.centropaulasouza.sp.gov.br/pos-graduacao/workshop-de-pos-graduacao-e-pesquisa/anais/2011/>, 2001

LOCKE, E. *Proposed Model for a Streamlined, Cohesive, and Optimized K-12 STEM Curriculum with a Focus on Engineering*. *The Journal of Technology Studies*, Vol. 35, 2009, p. 23 – 35.

MATSUY, E.Y., *Sistema de injeção contínua para detectar compostos orgânicos voláteis presentes em fase líquida*, FATEC/SP, 2010, 45 pag.

MILLS, P. L., QUIRAM, D. J., RYLEY, J. F., *Microreactor technology and process miniaturization for catalytic reactions. A perspective on recent developments and emerging technologies*, *Chemical Engineering Science* vol. 62, no. 24, 2007, p. 6992-7010.

MININI, M., MATSUY, E.Y., LIMA, R.R., SILVA, M.L.P., *Manipulação de Fluidos: Sugestão para o Ensino desse Conceito na Área de Engenharias*, anais do V workshop de pos-graduacao e pesquisa, 2010, CD ROM, disponível em <http://www.centropaulasouza.sp.gov.br/pos-graduacao/workshop-de-pos-graduacao-e-pesquisa/anais/2010/> acesso em 13/05/2013.

MÜLLER, D.H., LIAUW, M.A. GREINER, L., *Microreaction technology in education Education: Miniaturized Enzyme*. *Chemical Engineering and Technology*, Vol. 28, 2005, p. 1569 - 1570.

PINHEIRO, M.C.C., *Falta de engenheiros é gargalo ao desenvolvimento*, Feder. Nac. Eng. - FNE, 2010, disponível em: [http://www.fne.org.br/fne/index.php/fne/institucional/palavra\\_do\\_presidente/falta\\_de\\_engenheiros\\_e\\_gargalo\\_ao\\_desenvolvimento](http://www.fne.org.br/fne/index.php/fne/institucional/palavra_do_presidente/falta_de_engenheiros_e_gargalo_ao_desenvolvimento) acesso em 13/05/2013.

PINTO, L.F., SHIMAHARA, A.I., SILVA, M.L.P., *Arranjo compacto e de baixo custo para análise de ângulo de contato*, boletim técnico da FATEC, 2012.

REDONDO, D.M., *Ciências Básicas e Humanidades nos Campi do interior*. Instituto de Física de São Carlos Estud. Av., vol.8, no.22, 1994 disponível em <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40141994000300094> acesso em 13/05/2013.

REZENDE, C.M., FERREIRA, V. F., *O Sucesso do ano internacional da química no Brasil*, Editorial, Quim. Nova, Vol. 34, No. 10, 2011, p. 1681.

SCHWARTZMAN, S., CHISTOPHE, M., *Educação em Ciências no Brasil*, Instituto do Estudo do Trabalho e Sociedade – IETS, 2009, 119 pag., disponível em <http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-210.pdf> acesso em 13/05/2013.

SERNA, J. G., BARRIGON, L. P., COCERO, M.J., *New trends for design towards sustainability in chemical engineering: Green engineering*, *Chemical Engineering Journal* vol. 133. no:1-3, 2007, p. 7-30.

SHONNARD, D.R., ALLEN, D.T., GUYEN, N., WEILAUSTIN, S., ESKETH, A., *Green Engineering Education Through A U.S. Epa/Academia .Sci. Technol.*, Vol. 37, p. 5453-5462, 2003.

SILVA.F.L., *Kit didático para o ensino de adsorção e pesagem*, monografia Fatecsp 2013, 30 pag.

SILVA, L.M., LIMA, R.R., SIMOES, E.W., SILVA, M.L.P. *Proposal of Portable Equipment for Pretreatment in Chemical Analysis*, *International Review of Chemical Engineering (I.RE.CH.E.)*, Vol. 2, N. 1, 2010, p. 134-141

SILVA, M.L.P., FURLAN, R., RAMOS, I., *Development of Miniaturized Structures and Setups for Research and Teaching of New Concepts in Engineering In: 9th International Conference on Engineering Education, 2006, San Juan. 9th International Conference on Engineering Education, 2006. p.1 - 5.*

SOUZA, L.H.P., GOUVÊA, G., *Oficinas Pedagógicas De Ciências: Os Movimentos Pedagógicos Predominantes Na Formação Continuada De Professores*, *Ciência & Educação*, v. 12, n. 3, p. 303-313, 2006.

STROEBR, M., HOFFMANN, V.H., ZOGG, A., SCHERINGER, M., HUNGERBUHLER, K., CHIMIA, *Environmentally Oriented Design and Assessment of Chemical Products and Processes*, vol. 55, 2001, p. 887-891.

**Anexo 1 Testemunhais**

**Por favor, deixe suas impressões sobre os trabalhos (ex.gostou dos Kits?,os problemas são interessantes?,etc.)**

Gostei do stand e da idéia de colocar teoria em pratica em um kit de baixo custo que pode ser disponibilizada futuramente em escolas publicas com o intuito de transmitir o conhecimento e instigar as crianças. As explicações foram claras (até para uma pessoa que não é da área de exatas).

Chamem para "shows de demonstrações" e os kits e os materiais são muito legais, mas não é todo mundo que para e pergunta "pra que serve isto?" sem uma motivação.

Os kits foram muito bem desenhados e as explicações que recebi foram bem esclarecedoras, estudo secretariado, não é o foco do stand, mas mesmo não tendo toda a base teorica pude entender todos os processos e o funcionamento dos kits. Parabens pelo stand!

FICHI MUITO INTERESSANTE TODOS OS KITS, PRINCIPALMENTE O MICROSCÓPIO DO CSI, DA MICRO BALANÇA E REATOR QUE APROVEITA A ÁGUA UTILIZADA NA FABRICAÇÃO DE PELAS QUE USAM O SI.

Os kits são muito interessantes e bem didáticos. Minha sugestão é que se possível haja mais diversidade de laboratórios.

Além interessante toda e qualquer proposta que tenha como intuito transmitir conhecimentos, gostei da experiência e pretendo dentro da medida do possível replicá-las.

Fim gostei muito, pois nos proporciona não só como realmente acontece no grande empresa. É muito importante fazer esses kits com baixo custo para os alunos da FATEC-SP. Parabéns pelo trabalho.

Adorei as experiências, são muito interessantes e curiosas. Continuem sempre assim e façam mais ideias novas para conosco. Parabéns!

ESSE FOI MEU PRIMEIRO CONTATO COM EQUIPAMENTOS COMO MICROSCÓPIOS PORTÁTEIS E MISTURADORES. É INTERESSANTE QUE MUITOS DESSOS EQUIPAMENTOS ~~FORAM~~ <sup>TORNAM-SE</sup> PRODUZIDOS A BAIXO CUSTO (COMBINAÇÕES DE TITÂNIO, PLÁSTICAS DE ACRÍLICO), O QUE É SUSTENTÁVEL UMA DAS MAIORES PRECUPAÇÕES DA INDÚSTRIA MODERNA.

DEPOIS DE ALGUMAS TENTATIVAS (E COM ORIENTAÇÃO DO PROFESSOR) CONSEGUI RESOLVER O PROBLEMA DA MISTURA DE CORANTES QUE A PRINCÍPIO NÃO SERIAM SOLÚVEIS UM NO OUTRO. TAMBÉM PODE OBSERVAR UMA GÁRTICULA DESSA MISTURA UTILIZANDO O POPULAR MICROSCÓPIO DO CSI.

Gostei, achei muito interessante todos os tipos de materiais e experiências aqui exposta, achei que elas ajudam bastante ao aluno de 2º grau a ~~de~~ descobrir mais sobre o Maré da Ingábaria.

Gostamos muito da exposição, interessante, nos mostra coisas que não costumamos ver em nosso dia-a-dia e que na realidade fazem parte de nosso cotidiano.

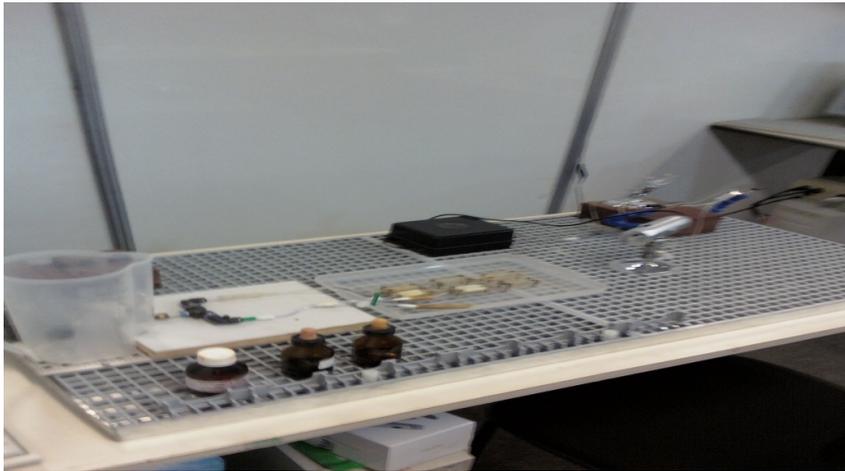
## **Anexo2:Kits didáticos**

### Kit didático Fluidos e Superfícies

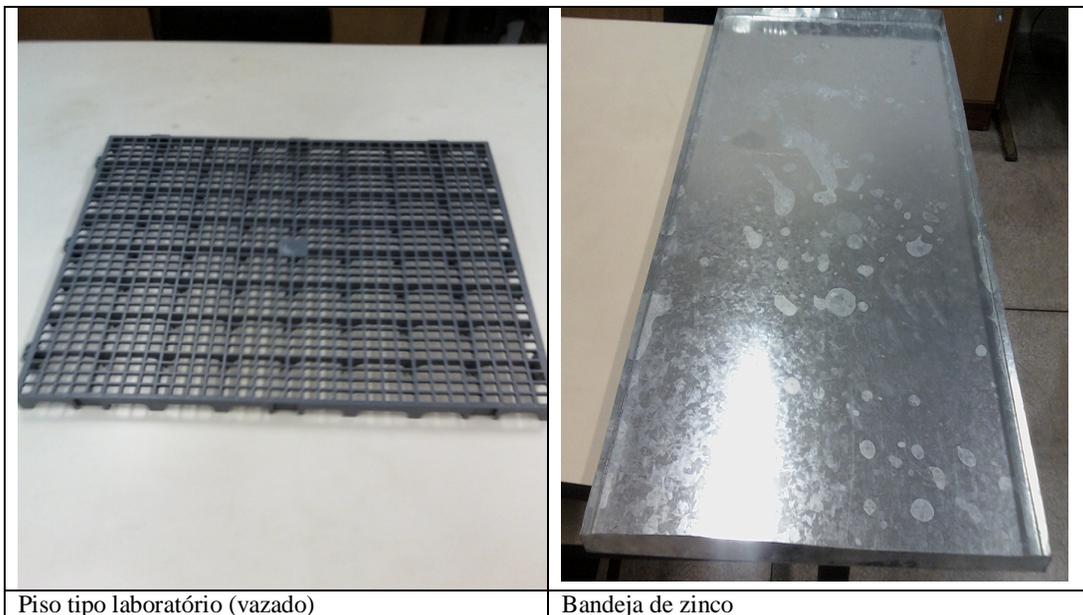
O que é possível realizar com esse kit

- ▶ Medida do ângulo de contato.
- ▶ Sistema líquido para misturas.
- ▶ Sistema a gás para misturas ou spray
- ▶ Microscopia para superfícies 200x.
- ▶ Microscopia de detalhes 400x

### Vista geral



### Aspectos construtivos



Piso tipo laboratório (vazado)

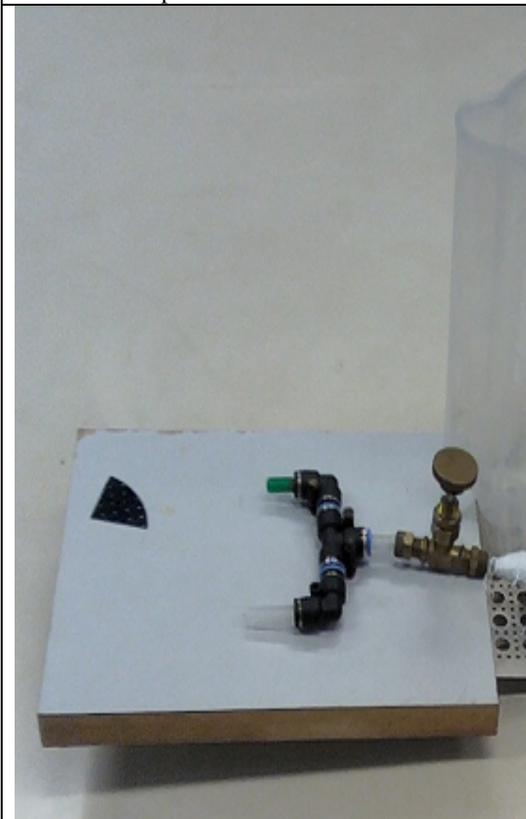
Bandeja de zinco



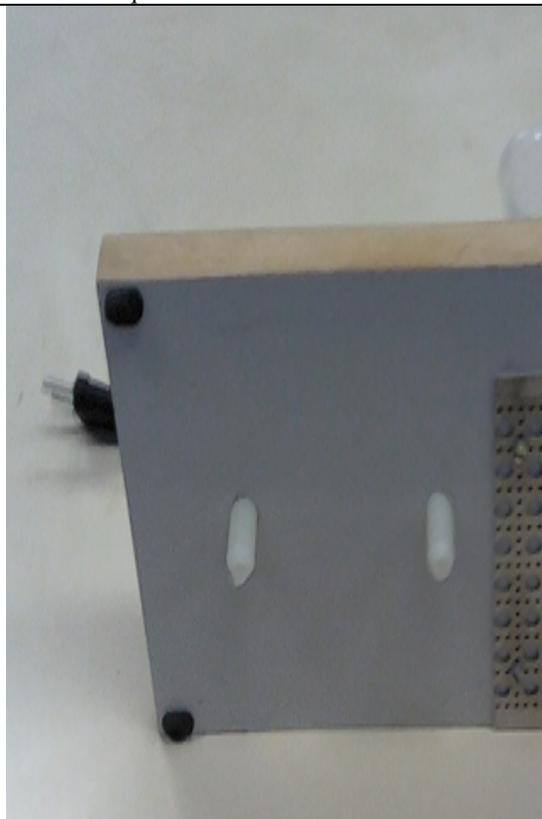
Base microscópio 400x



Bomba de aquário



Tubulações do misturador de líquidos

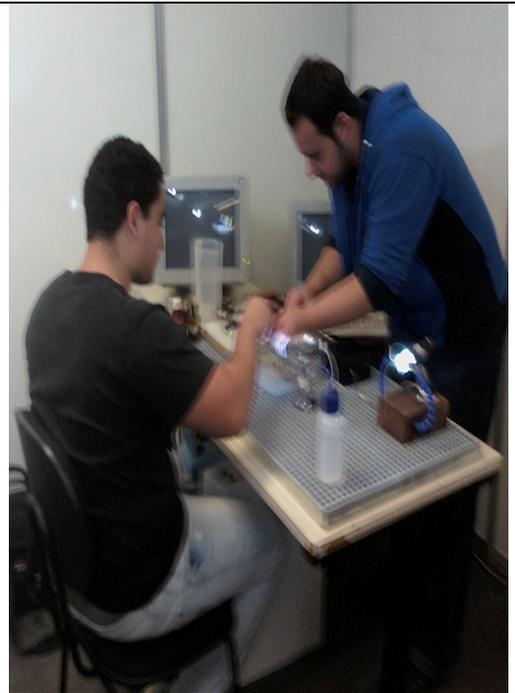


Vista do suporte (pad) jarro de entrada

## Aplicações



Aluno observando ângulo de contato, superfícies e detalhes.



Visitante manipulando kit de mistura de líquidos.



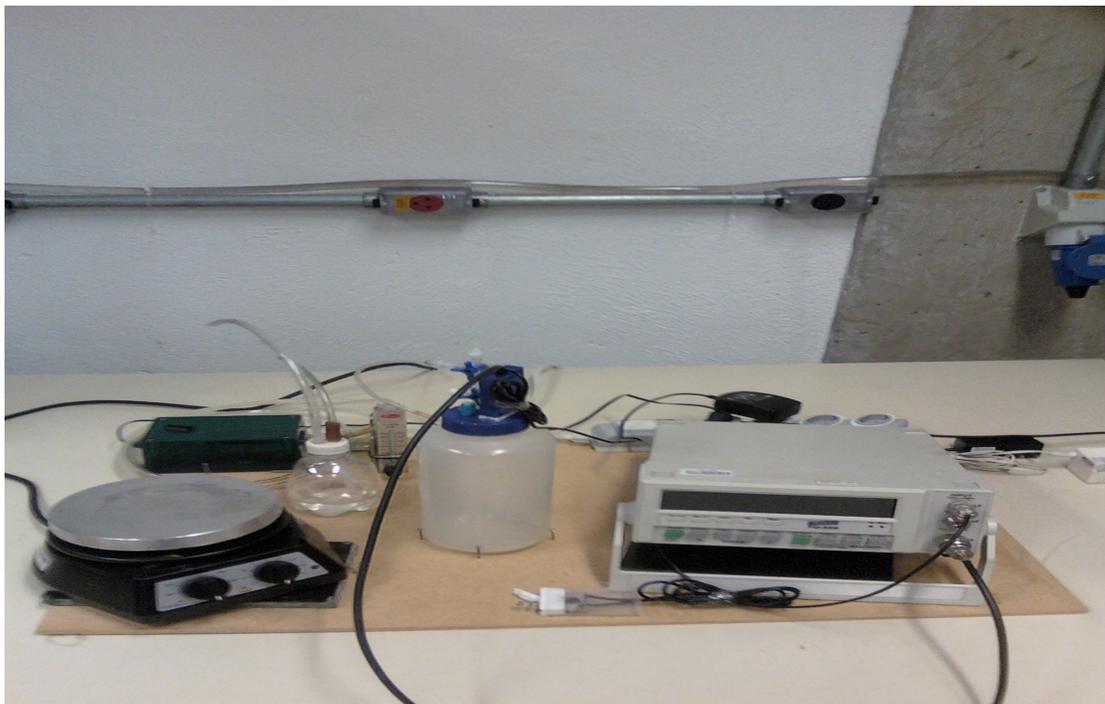
Visitantes observam mistura com spray



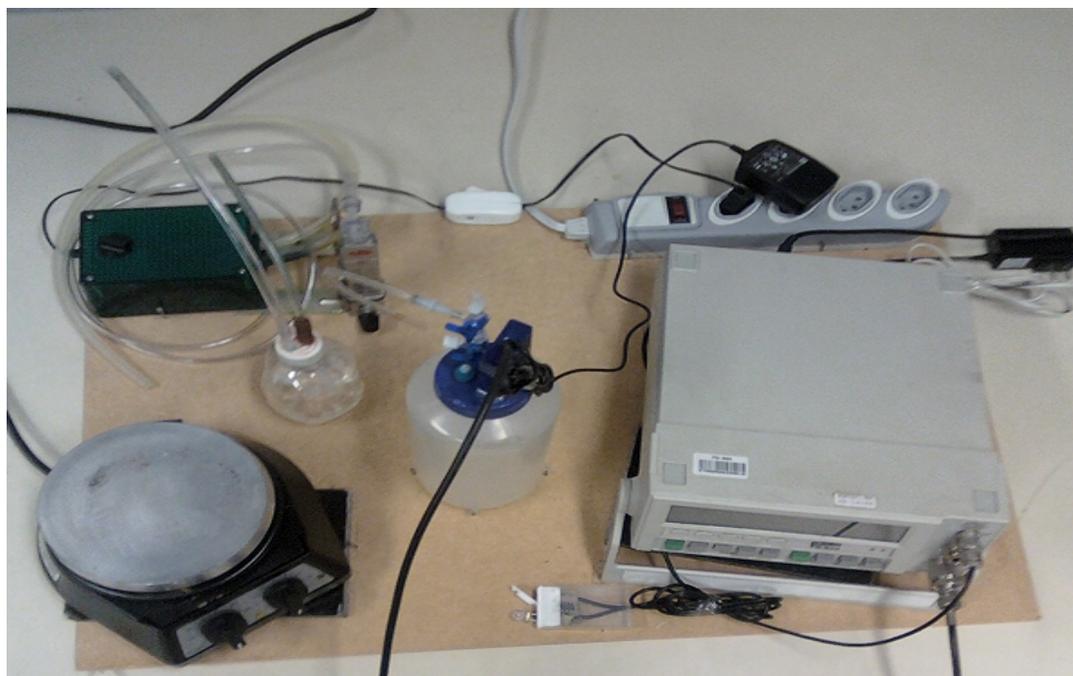
Outros visitantes observando mistura com spray

Kit didático de baixo custo para o ensino de adsorção e pesagem analítica (microgramas) baseado em cristais, chamados também de pqc's (Cristais Piezelétricos de Quartzo).

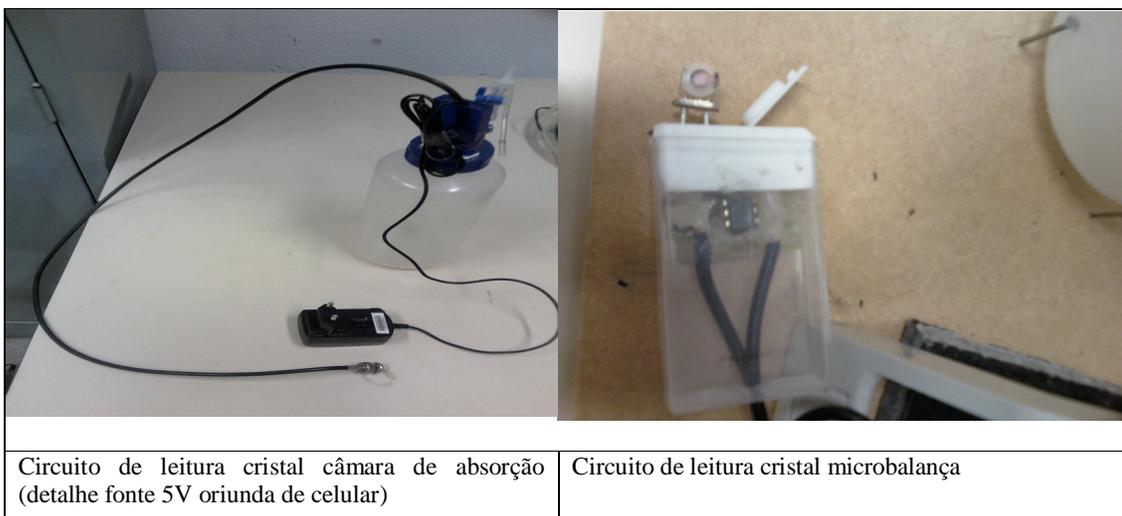
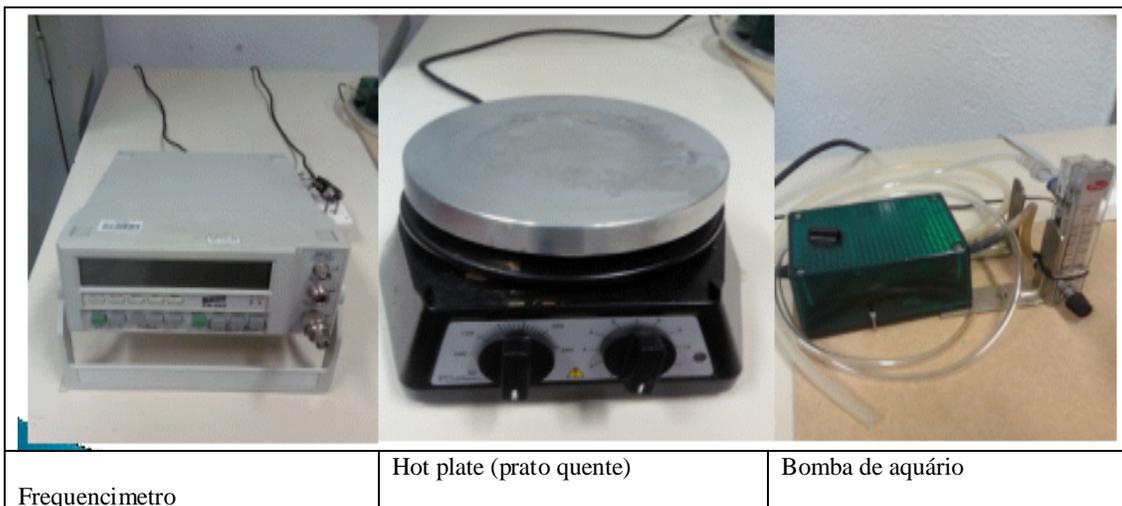
Vista geral



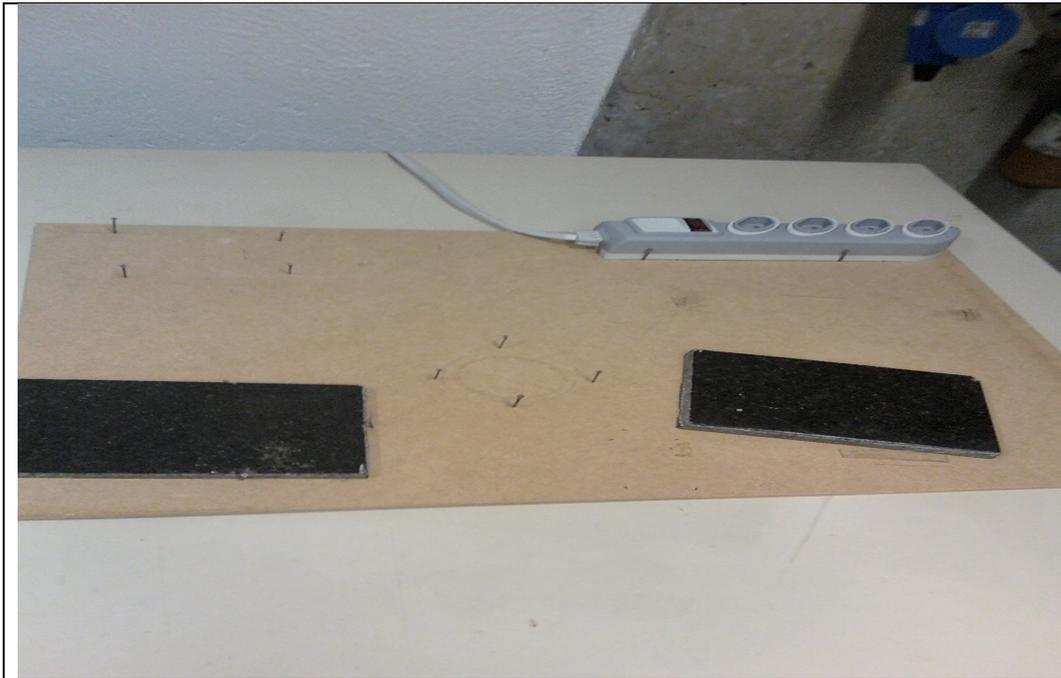
Vista Superior



Componentes do Kit didático de ensino para adsorção e pesagem

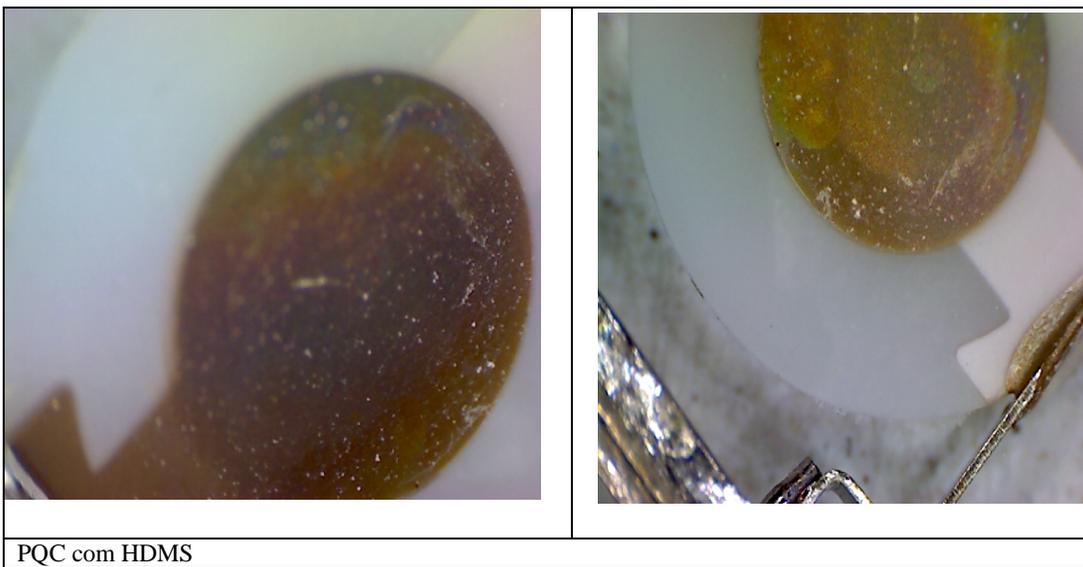
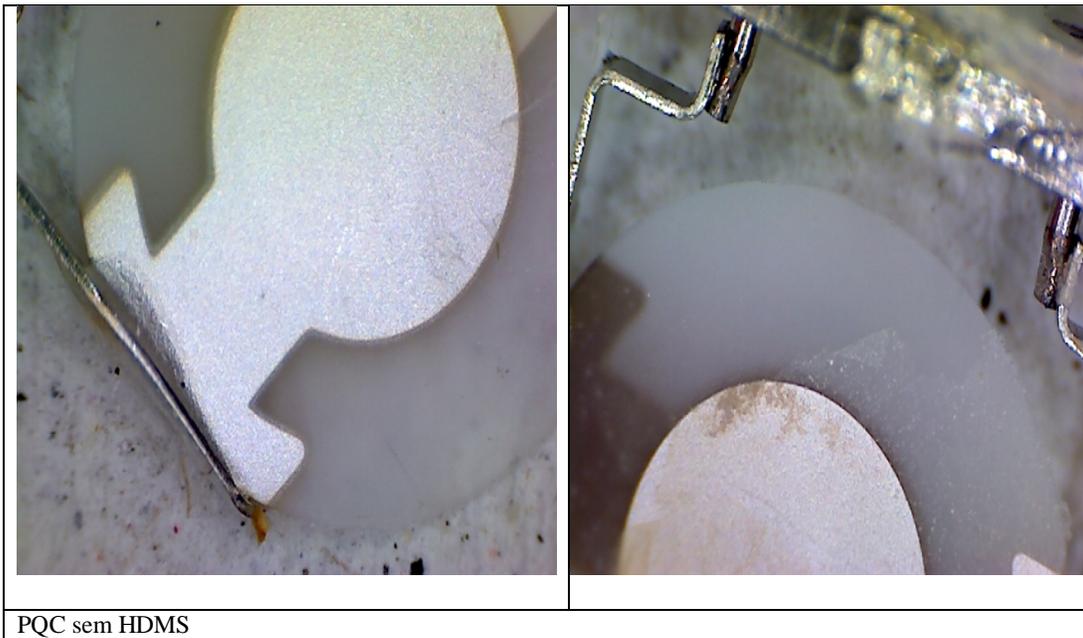


## Aspectos construtivos

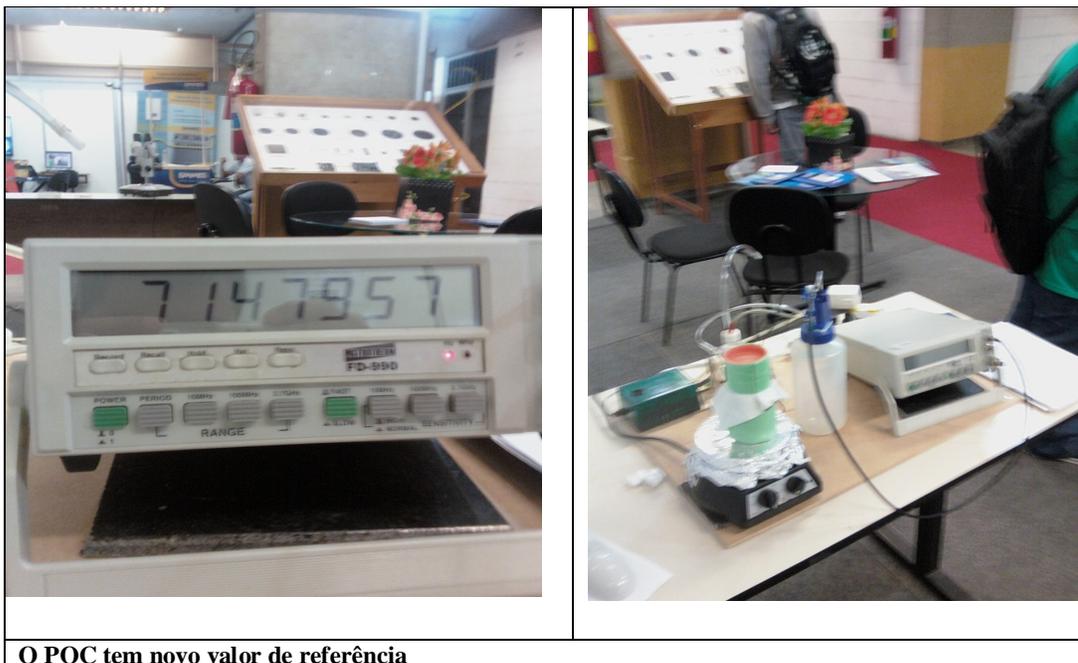


Base madeira (Detalhes fixação/contenção por pregos, régua com tomadas, pedras tipo mármore com base de apoio para hot plate e acomodação do frequencímetro)

## PQC +HDMS na tocha de plasma



## Após o plasma



O PQC tem novo valor de referência