

Desenvolvimento de mini laboratórios para ensino e sua importância para a interdisciplinaridade.

Walter Pichi Jr. (PG)^{1*}, Daniel Couto Gatti¹ (PQ), Maria Lúcia Pereira da Silva^{2,3} (PQ).

1- jrww01@gmail.com; PUC-SP, Rua Caio Prado, 102 – Consolação, São Paulo, Brasil

2- FATEC-SP, Pça. Coronel Fernando Prestes, 30, São Paulo, Brasil

3- EPUSP, Avenida Professor Luciano Gualberto, travessa 3, nº158, São Paulo, Brasil

Palavras-Chave: Mini laboratórios, cromatografia, interdisciplinaridade.

RESUMO: MINIATURIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E MULTIFUNCIONALIDADE SÃO TENDÊNCIAS QUE AFETAM TANTO A QUÍMICA COMO A ENGENHARIA QUÍMICA. ESSA TENDÊNCIA TORNOU POSSÍVEL O DESENVOLVIMENTO DE MINI LABORATÓRIOS, DISPOSITIVOS AMBIENTALMENTE CORRETOS POUCO UTILIZADOS NO ENSINO. ESTE TRABALHO TEVE COMO OBJETIVO O DESENVOLVIMENTO DE MINI LABORATÓRIOS QUE POSSAM SER USADOS PARA ENSINO DA ANÁLISE QUÍMICA POR CROMATOGRAFIA E NA ENGENHARIA QUÍMICA, PARA COMPREENSÃO DE FATORES DECISIVOS NO PROJETO DE REATORES. A METODOLOGIA UTILIZADA PARA TESTES DOS EQUIPAMENTOS CONSTRUÍDOS FOI O ESTUDO DE CASO. OS MINI LABORATÓRIOS FORAM UTILIZADOS EM AULA PRÁTICA NO ENSINO MÉDIO E NO PRIMEIRO ANO DA GRADUAÇÃO. OS PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS INDICAM BOA ACEITAÇÃO DO USO DOS INSTRUMENTOS PELOS ALUNOS, A FACILIDADE DE RETENÇÃO TANTO DO MODO DE UTILIZAÇÃO COMO DOS CONTEÚDOS FORNECIDOS E, PARA OS ALUNOS DA GRADUAÇÃO, O INTERESSE EM INTERAGIR MAIS FORTEMENTE COM O INSTRUMENTO, ATRAVÉS DA MODIFICAÇÃO DE SUA CONFIGURAÇÃO E/OU PROPOSTAS DE MELHORIAS.

INTRODUÇÃO

A miniaturização de dispositivos há muito deixou de ser restrita a umas poucas áreas produtivas e se estendeu a praticamente toda a vida diária. Assim, tornou-se comum o uso de instrumentos pequenos, a maioria deles multifuncionais, e o celular se tornou o exemplo emblemático. Delgado et. al. (DELGADO et. al., 2009) assim define a história do celular. Em 1947 a Bell desenvolve um sistema que interligava inúmeras antenas, que ficavam em regiões denominadas célula, o que originou a tecnologia (telefonia móvel) e o nome (celular). Em 1956 a Ericsson cria um sistema de telefonia cujo aparelho caro e pesado, cerca de 40 Kg, com uma concepção de comunicação via rádio. A produção em massa decola apenas com um aparelho de aproximadamente 1 Kg desenvolvido pela Motorola e lançado em 1983. As limitações eram os custos elevados dos serviços e a pequena autonomia, cerca de uma hora de conversação. O desenvolvimento tecnológico, que agregou inovações radicais, e que também sempre manteve continuamente inovações incrementais, gerou um aparelho pequeno, leve, barato e multifuncional. O celular passou a incorporar diversas mídias, propiciando o acesso a músicas, vídeos, TV em tempo real, videoconferências, jogos, etc. tornando-se um meio híbrido entre a telecomunicação e a informática. A variação no custo é uma das características mais interessantes dessa tecnologia; segundo Siqueira (2008), no fim dos anos 1990 a Telerj cobrava U\$\$ 22 mil para fornecer uma linha de celular, uma década depois o serviço estava disponível a partir de R\$ 15,00 mensais em menos de duas décadas existia praticamente um equipamento por cidadão.

As conseqüências do desenvolvimento do celular no ensino também são contraditórias. Souza (2014) aponta que, apesar da proibição do uso celular em sala de aula, as instituições públicas possuem poucos recursos tecnológicos disponíveis e enquanto os alunos apresentam grande familiaridade com a cultura digital e apreço por sua multifuncionalidade. Portanto, os alunos poderiam ser produtores de informação e conhecimento se a escola fosse um veículo de motivação, o que levaria a tecnologia a reconfigurar o processo de ensino-aprendizagem. Por outro lado (MARTIN & TOSCHI, 2014), uma pesquisa para identificar os atores escolares - alunos, professores e funcionários – do uso do celular revelou não só as inúmeras leis e regulamentos que proíbem o uso do aparelho como também a tendência a barrá-lo dentro da escola. Ao mesmo tempo, contudo, o instrumento mostrava-se imprescindível nas aulas de educação física, para obtenção de música, além de outras funcionalidades, como calculadoras e fotos, em todas as outras disciplinas. Assim, os autores propõem além da apropriação da tecnologia, através de métodos apropriados de utilização das novas tecnologias, e uma nova função ao professor na promoção da aprendizagem.

Enquanto a história do celular e suas contradições no ensino, indo da proibição à apropriação, faz parte das discussões de grande parte dos educadores, o mesmo não ocorre com outros equipamentos que sofreram miniaturizações tão ou mais expressivas. Esse é o caso, por exemplo, dos microrreatores e micromisturadores, uma realidade no setor produtivo há varias décadas. Exemplo do uso destes dispositivos (KIRSCHNECK & TEKAUTZ, 2007) é a instalação de um microrreator (StarLam 3000®) em uma planta pré-existente, dedicada à Química Fina; neste caso, a adição do dispositivo dobrou a capacidade produtiva, de 1,8 t/h para 3,0 t/h. Microrreatores apresentam situação semelhante e a revisão de POHAR & PLAZL (2009) sobre o uso do dispositivo na indústria mostrava as vantagens quanto à transferência de calor e controle de temperatura, qualidade e rendimento do produto obtido além de apresentar boas características quanto à segurança e baixíssimo impacto ambiental.

Ao mesmo tempo em que os reatores pequenos começavam a dominar o mercado produtivo, a área de análises químicas sofre mudança semelhante e os livros textos, e em especial o amplamente conhecido *Ewing's Handbook*, já descrevem processos contínuos de medida e com uso de reatores pequenos. Assim, termos como análise seqüencial por injeção em fluxo e *lab-on-a-valve* tornam-se corriqueiros (CAZES, 2005).

O grupo em que este trabalho se insere há muito se preocupa com o uso da miniaturização para obtenção desde dispositivos até equipamentos para a área de Química e de Engenharia Química. Assim, foram produzidos dispositivos tanto com funções genéricas, para o ensino de Engenharia (SILVA, 2006), como com funções bem determinadas, tais como pré-concentrar amostras (NASCIMENTO FILHO, 2006)(SILVA^a, 2006), misturá-las (SILVA^b, 2012) ou separá-las (LIMA, 2011), ou mesmo remover partículas (BERALDO, 2010). Além disso, detectores, kits para uso no ensino de operações unitárias (PINTO, 2015) ou mesmo pequenos equipamentos de análise (PICHI, 2011) e mini laboratórios para uso em pesquisa (LEITE, 2015) foram construídos. De modo geral, o uso de tais instrumentos por alunos do ensino médio ou da graduação aumenta a interdisciplinaridade e facilita a percepção de conceitos mais complexos (PICHI, 2015).

Assim, este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de laboratório pequeno e de baixo custo para uso em duas situações diferentes para a compreensão de conceitos distintos: no ensino de Química o tema é a cromatografia e para a Engenharia Química fatores decisivos no projeto de reatores.

ASPECTOS TEÓRICOS

A miniaturização de equipamentos é uma tendência, tanto na área de Química como de Engenharia Química. Na Química, um dos exemplos mais importantes é a miniaturização do cromatógrafo, que se iniciou na década de 70 no século passado. O primeiro dispositivo relatado foi produzido sobre uma lâmina de silício, utilizando processos de Microeletrônica, e tinha como maior realização a produção de uma coluna cromatográfica com comprimento superior a um metro. Desenvolvimentos posteriores, tanto de cromatógrafos como dos processos em Microeletrônica, permitiram o desenvolvimento de novos nichos de mercado e de pesquisa. Assim, os cromatógrafos, no início do século são categorizados como dispositivos compactos ou de campo, microcromatógrafos em um chip, e microcromatógrafos especiais. Os dispositivos compactos são encontrados em laboratórios moveis e os de campo são portáteis. Dispositivos em um chip são rápidos, mas úteis apenas em problemas mais simples enquanto usos específicos, como em pesquisa espacial, exigem projetos dedicados (SILVA^C & GAMEIRO, 2006). Com o desenvolvimento de novas técnicas de produção os microsistemas de análises químicas proliferaram e o termo microsistemas para análises totais, μ TAS, se popularizou. Os μ TAS integram várias etapas analíticas, do pré-tratamento da amostra à detecção. (COLTRO et. al., 2007).

Na Engenharia Química a tendência à miniaturização se acentua fortemente a partir da década de 70 do século passado, por um processo genericamente conhecido por intensificação de processos. Intensificação de processos (PONCE-ORTEGA, ALTHUBAITI, EL-HALWAGI, 2012) (MARTINE POUX, COGNET, 2015) implica em obter tecnologias substancialmente menores, mais limpas e mais eficientes, o que tacitamente também indica qualquer atividade que propicie equipamentos menores para uma vazão pré-estabelecida. Equipamentos pequenos é uma tendência na área de análises química há muito tempo. Por exemplo, em 2008, no editorial da *Analytical Chemistry*, dá-se ênfase sobre a importância de equipamentos com peso inferior a 10 Kg e multifuncionais, chamados de mini-labs (KUMAKHOY, 2008).

Na Engenharia Química processos que seguem as mesmas leis físicas, mesmo que aparentemente distintos, são agrupados em operações unitárias; é exemplo desses agrupamentos o transporte de fluidos, de calor e de massa. Devido à miniaturização essas operações são, eventualmente, renomeadas, por exemplo, para micromisturadores, microtrocaadores de calor, microadsorvedores, etc. Além disso, o uso de capilares e/ou microcanais torna-se comum, especialmente para microrreatores e separadores (CHOVÁN & GUTTMAN, 2002) e atualmente muitas operações devem ser adaptadas para a nanotecnologia (RANGASAMY, 2011). Essa tendência manifesta-se também na área Química, onde pequenos equipamentos comerciais para síntese encontram-se disponíveis. Por exemplo, a ThalesNano¹ comercializa desde 2008 reatores de processo contínuo adequados a temperaturas de até 350°C e pressão de 200 barr e a empresa também descreve seus produtos como vantajosos para a Química Verde.

Esses mini-labs. diferem de muito modos, não apenas na sua função principal, contudo, tais equipamentos sempre apresentam três regiões, que podem ou não estar claramente separadas no instrumento: a admissão, a manipulação e a detecção de amostras (LEITE, 2015). Os detectores podem ser bastante simples, como por exemplo, um celular adaptado para funcionar como detector óptico (RODA, et. al., 2014), ou bastante complexo, como os usados nos narizes eletrônicos (BAIETTO &

¹ <http://thalesnano.com/news-and-events/34534>

WILSON, 2015) (KIANI, MINAEI, GHASEMI-VARNAMKHASTI, 2016). Situação idêntica ocorre com a admissão de amostras, que pode depender de inserção manual e grandes volumes (LEITE, 2015) até manipular quantidades diminutas, atender às condições da nanotecnologia (SHEN, 2014).

Portanto, apesar de ligeiramente diferente para químicos e engenheiros químicos o termo mini labs. descreve uma situação real, o ensejo de se ter equipamentos pequenos, de baixo custo, com partes e peças miniaturizadas. Muito embora a tendência deste desenvolvimento ainda não seja tão clara na área educacional, podem-se encontrar alguns exemplos de instrumentos pequenos, de baixo custo e, por conseqüência, limitados (CLIPPARD, et. al., 2016). Assim, mini labs são uma realidade comercial e influem na obtenção de melhores condições de sustentabilidade. É dentro deste contexto que esse item apresentou uma breve revisão da definição de mini laboratórios. É relevante, contudo, observar que o presente trabalho não apresenta um mini lab. completo, e sim dispositivos miniaturizados que podem ser úteis na compreensão de mini labs., como será explicado posteriormente.

Por fim, observe-se que conceitos semelhantes tanto na cromatografia como na determinação dos processos de reação em Engenharia Química são, geralmente, apresentados de modo distinto ao aluno, principalmente no que concerne à denominação. Além disso, muitos conceitos relevantes nem sequer são abordados no ensino médio. Por exemplo, há semelhanças entre os equipamentos de leito fluidizado e as colunas empacotadas, entre *eddy diffusion* e dispersão e camada limite em reatores (LEITE, 2015) (LIMA, 2011) (PICHI, 2011). Assim, espera-se com a construção dos dispositivos aqui descritos expor o aluno a tal contexto, no intuito de facilitar sua apropriação futura além de aumentar a interdisciplinaridade no ensino.

METODOLOGIA

Este trabalho utilizou algumas premissas iniciais:

- Os princípios da Química Verde devem ser considerados, o que significa, entre outras coisas, utilizar apenas compostos ambientalmente seguros;
- A construção do mini lab. deve utilizar partes e peças de fácil construção, obtenção ou troca, ou seja, permitir que qualquer profissional, mesmo que com pouca experiência manual ou distante de centros urbanos, possa reproduzir o conjunto. Neste contexto, privilegiaram-se componentes que pudessem ser adquiridos por via digital;
- O custo total do conjunto não deveria exceder R\$ 2000,00 (considerando-se algumas partes de alto custo, mas, em determinadas condições dispensáveis, como por exemplo, computador), ou, em condições especiais, como locais com pouco fornecimento de equipamento eletrônicos, R\$ 3000,00. Este limite foi estabelecido em trabalho anterior (PICHI, 2011), que verificou o custo que professores do ensino médio considerariam aceitáveis para equipamentos a serem utilizados no ensino, tanto para aulas expositivas como de laboratório.

A abordagem do trabalho foi aprendizagem baseada em problemas (ABP ou *Problem based Learning*, PBL), ou projetos, e um estudo de caso foi efetuado, seguindo recomendações da literatura de como formular o caso (SA & QUEIROZ, 2007).

O estudo de caso foi desenvolvido nas dependências da FATEC/SP. A vantagem dessa localização é a existência, no mesmo campus da faculdade, de uma escola técnica (ETEC/SP). Assim, foi possível envolver tanto alunos de ensino médio como de graduação. O intuito foi comparar dificuldades e semelhanças no processo de

ensino/aprendizagem. Enquanto os alunos do ensino médio encontravam-se no último ano do curso profissionalizante em meio ambiente, os alunos de graduação pertencem ao segundo semestre de curso na área de eletrônica. Portanto, a diferença de conhecimentos na área de Química não é muito relevante, especialmente considerando-se que cursos de graduação nessa área têm no primeiro ano como maior quantidade de ensino as áreas de Física e Matemática.

O equipamento fornecido aos alunos é composto por múltiplos instrumentos, como será descrito posteriormente. Isso decorre do interesse em caracterizar claramente as três regiões de interação com amostras: inserção, manipulação e detecção. Assim, o conjunto é bastante modular.

A pergunta problema formulada é múltipla, assim, o interesse foi determinar:

- A capacidade de correlacionar alguns módulos e suas funções com problemas reais da Química e da Engenharia Química;
- A possibilidade de interagir com os módulos com pouca ou nenhuma informação prévia, ou processo de controle do comportamento frente ao objeto, como por exemplo, pelo uso de apostilas;
- A possibilidade de propor modificações no arranjo, para resolver problemas, ou novos modos de uso, para responder a outras questões, de cunho pessoal ou proposta pelo professor em sala de aula.

O estudo de caso usou como reagentes compostos orgânicos voláteis (COVs), e testou condições adequadas para sua detecção ou reação. No presente caso utilizaram-se tanto reagentes presentes em laboratório de Química (grau P.A.) do local onde se efetuaram os testes como também produtos trazidos pelos próprios alunos de suas residências, como por exemplo, removedor de esmaltes

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho são apresentados na seguinte ordem: a) descrição do mini lab. testado; b) dados obtidos com o arranjo; c) principais conclusões obtidas pelos alunos e sua importância para otimizar o uso do equipamento construído.

Descrição do Mini Lab.

A Figura 1 apresenta esquema genérico de como se montou o mini lab enquanto as figuras 2, 3 e 4 detalham seus aspectos construtivos. O sistema é para processo contínuo e utiliza ar como gás carregador das amostras, mas pode ser usado na forma batelada. No primeiro caso o reator é de coluna (capilar de silicone), com ou sem aquecimento, e no segundo trata-se de um recipiente. A detecção utilizou sistema desenvolvido especialmente para uso no ensino (PICH, 2011), posteriormente melhor descrito.

A admissão (Figura 2) é feita mantendo-se o fluxo contínuo através de um compressor de aquário e adicionando-se os reagentes por uma válvula de três vias com septo. Essa válvula, como a maioria dos capilares e conexões utilizados para a construção do sistema, é de uso hospitalar (Hartmann®) e de baixo custo (R\$ 5,00/cada). Para admissão de reagentes utiliza-se seringa de insulina de 30 unidades, admitindo-se no mini lab. apenas ar saturado com vapores de COVs. Nessa condição a máxima admissão é de 300 μL , mas o comum é utilizar valores bem menores, no máximo 30 μL . A válvula é colada em base de PVC e, para garantir a qualidade das medidas, os reatores, se de colunas, são igualmente adicionados a essa base, como

também o detector, tornando o conjunto compacto (200 mm X 50 mm). Para reatores na forma de recipiente, válvula e detector são presos diretamente na tampa destes recipientes.

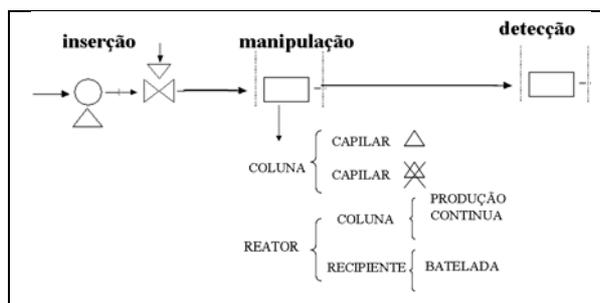


Figura 1: Esquema da Montagem do Mini Lab.



Figura 2: Aspectos Construtivos da Admissão de Amostras: a) compressor de aquário e b) detalhe de suas saídas independentes, c) válvula de três vias e d) base para suporte da válvula

As colunas foram produzidas utilizando capilares e Figura 2 apresenta a ordem de fabricação. As colunas variam de diâmetro, muito embora o comprimento seja sempre da ordem de 1 metro; assim, os invólucros que mantêm a adesão coluna/suporte são de cores distintas para facilitar reconhecimento.

Colunas aquecidas são produzidas utilizando-se um aquecedor flexível (SRFG-101/10, Omega Eng. Brasil®) e acondicionando-as em um bloco oco de aço, isolado do ambiente por fibra de vidro. Como a reprodutibilidade é altamente dependente das condições de fluxo, o conjunto válvula, coluna, detector é fixado sobre a placa de PVC, por abraçadeiras ou por acondicionadores (berço, Figura 4).

A detecção é baseada em detectores a base de óxido de estanho (TGS 2620®). O sistema utilizado pode monitorar 10 pontos distintos simultaneamente e *online* e foi desenvolvido especialmente para diminuir os custos pelo uso de sistemas automáticos de medida; contudo, interessados em montar sistema semelhante podem optar por soluções de mercado, e a Tabela 1 apresenta algumas possibilidades.

Outros acessórios foram providenciados, mas não são absolutamente indispensáveis para o trabalho. Assim, foi criado um medidor de vazão (bolhômetro) com o uso de vários êmbolos de diferentes seringas e também se pode controlar a temperatura com o uso de termômetro digital de infravermelho, muito embora o tempo seja uma variável bastante reprodutível para a curva de temperatura do aquecedor utilizado. Além disso, por questões de segurança, as bases de PVC são presas, por pinos de borracha (Figura 2), em uma base de polietileno de 50 cm x 50 cm.

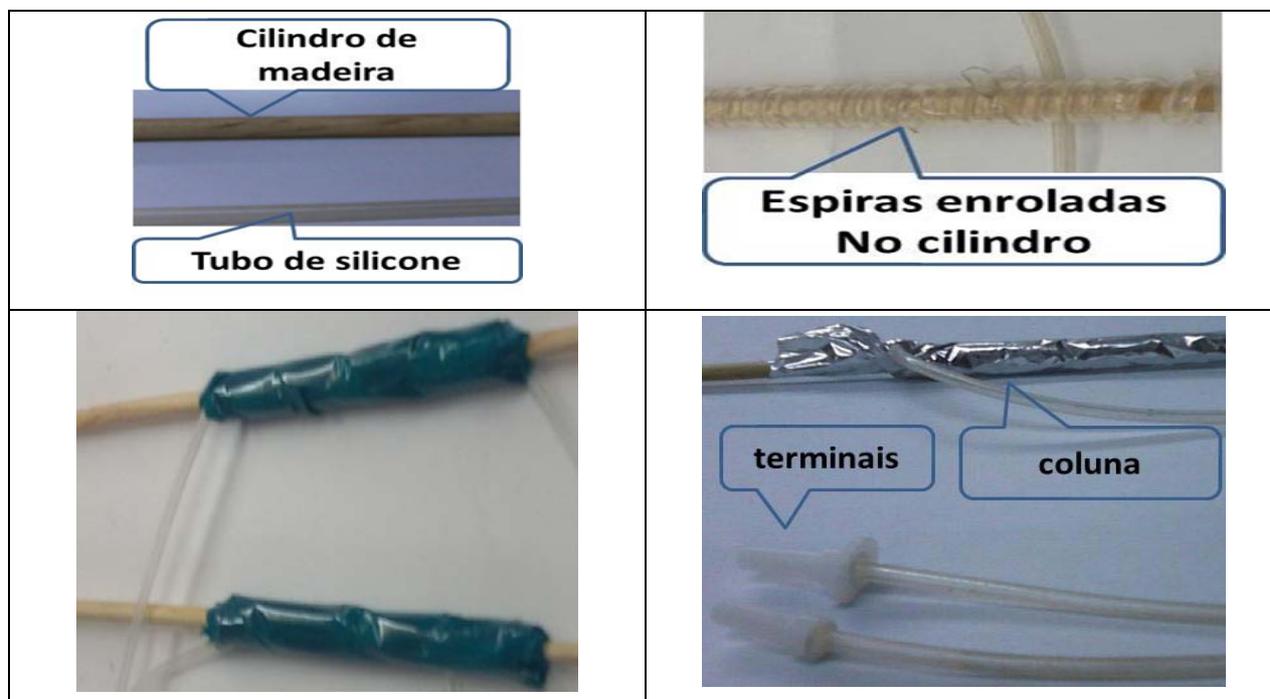


Figura 3: Aspectos Construtivos da Manipulação de Amostras: montagem de colunas

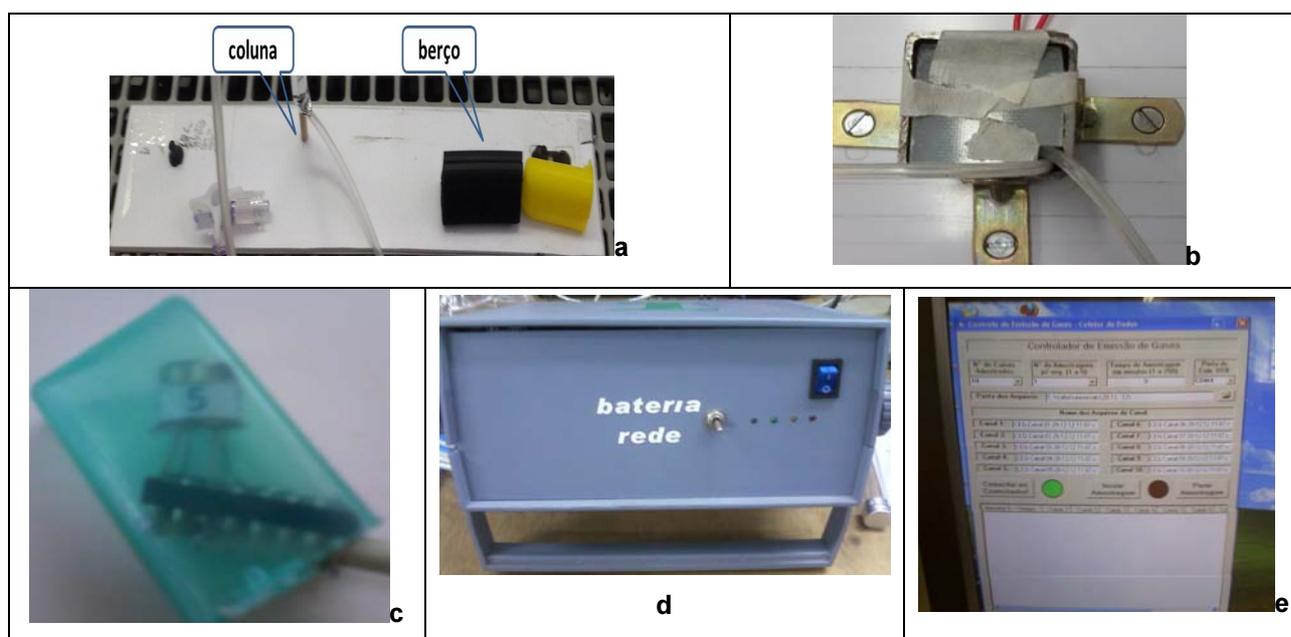


Figura 4: Aspectos Construtivos da Detecção de Amostras: a) montagem admissão, coluna, suporte para detecção; b) detalhe de fixação de coluna aquecida; c) detector encapsulado; d) sistema de aquisição de dados e e) tela do computador

Tabela 1: Possíveis sistemas de detecção para o mini lab. proposto neste trabalho

Código do equipamento	Fornecedor	Função	Custo (R\$)
STK817 (**)	SAMTECK	Detector GLP	86,00
DFG5000 (*)	Instruterm	Detector COVs	150,00
Marcuco (**)	3M	Detector GLP	490,00
--- (**)	IMPAC	Detector álcool	505,00
MS6310 (**)	MASTECH	Detector álcool	599,00
STK818 (**)	SAMTECK	Detector de gás natural e GLP	800,00
DG 6000 (*)	Instruterm	Detector de gás propano	1700,00
BWXT (**)	Microclip	Detector de 4 gases	3850,00

Obs.: *) www.instruterm.com.br e **) www.mercadolivre.com.br

Dados Obtidos Com o Arranjo

A Figura 5 apresenta alunos da graduação interagindo com o sistema, é possível observar um interesse geral, quando o tutor explica o intuito da aula e libera o uso do instrumento, após o que alunos rapidamente se inteiram do melhor modo de obter aquisição de dados e, também, manipulam partes e peças sem demonstrar apreensão.

A Figura 6 apresenta um conjunto de dados obtidos com colunas capilares aquecidas ou não. Se o sistema for pensado como uma coluna cromatográfica, observam-se vários parâmetros, tais como o formato da curva, o tempo de retenção etc. A partir dessas informações avalia-se se a coluna apresenta ou não bom desempenho. No presente caso não se espera um bom desempenho do dispositivo. Do mesmo modo, se a coluna foi usada como reator é possível verificar o que ocorre com o aquecimento e mesmo com a variação na velocidade do fluido na saída da estrutura por variação na taxa do aquecimento. Assim, é possível fazer uma correlação entre os dados obtidos e grandezas comumente ensinadas na área de mecânica de fluidos. Por fim, é possível observar boa uniformidade nos dados obtidos em medidas distintas.

Os alunos do ensino médio foram capazes de intuir “problemas no fluxo” devido ao aquecimento, mas sem fazer uma conexão direta com a área de ensino de gases. Por outro lado, os alunos de graduação compreenderam a ligação com mecânica de fluidos, mesmo que sem utilizar linguagem técnica e, em conversa posterior ao uso do instrumento, compreenderam a noção de número de pratos teóricos, comum tanto à Química como a Engenharia Química. Portanto, com esse equipamento é possível melhorar a interdisciplinaridade no ensino, pelo menos no nível de graduação.



Figura 5: Alunos da graduação interagindo com o sistema

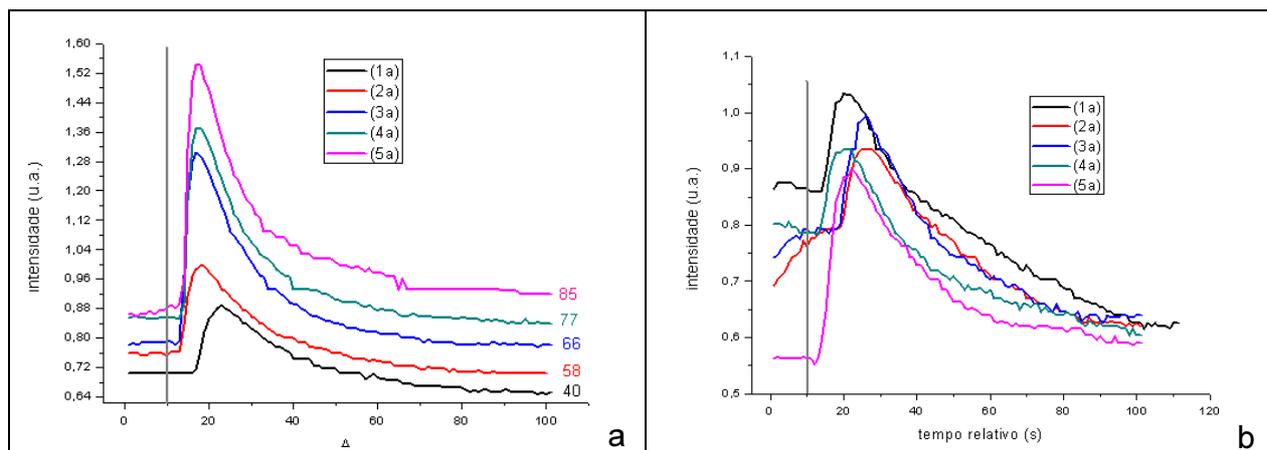


Figura 6: Conjunto de dados obtidos com colunas capilares (a) aquecidas ou (b) não e 70 μ l de inserção de 2-propanol

Otimização do Uso do Equipamento

Os alunos foram instados, através de entrevista não estruturada, a propor modificações ou sugerir possíveis melhorias, ou apenas informar dificuldades de manejo. Enquanto os alunos do ensino médio não se manifestaram, os alunos de graduação pediram para compreender melhor partes e peças do instrumento, ou mesmo chegaram a propor alguma modificação simples no arranjo para verificar possíveis mudanças nas medidas obtidas. A baixa interação dos alunos do ensino médio com a possibilidade de mudanças no arranjo experimental, vinda de uma geração acostumada com internet, multifuncionalidade, mudanças nos aplicativos etc. é interessante, e talvez reveladora de um ensino que não privilegia a curiosidade, dividindo as situações do dia-a-dia e da escola em duas realidades.

CONCLUSÕES

Esse trabalho propôs um mini lab. Para uso tanto em Química como em Engenharia Química e verificou o impacto do uso desse instrumento no ensino médio e de graduação. Apesar do alto interesse dos alunos e a ampla facilidade de uso dos instrumentos, os alunos se ressentiram da falta de material didático, este entendido como “apostila” ou “roteiro de experimentos”, de acordo com a definição dos próprios alunos. Apenas após explicação, em entrevista não estruturada, dos motivos para não usar a apostila, ou seja, o interesse em aprendizagem por solução de problemas, é que os alunos de graduação mostraram interesse em manter o processo como um método aberto de ensino; o mesmo não se verificou com os alunos de ensino médio. A

facilidade de retenção do modo de utilização e dos conteúdos fornecidos – após a discussão dos resultados obtidos – aparentemente independe do grau de maturidade do aluno, se graduação ou ensino médio. O interesse em propor outros usos para o instrumento, através da modificação de sua configuração e/ou propostas de melhorias, foi uma tendência para os alunos da graduação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERALDO, Fabio Peppe et al. Removal of particles and organic compounds on miniaturized impactors. **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**, v. 29, n. 1-2, p. 11-18, 2010.
- CAZES, J (EDITOR), **Ewing's Analytical Instrumentation Handbook**, 3. ed., NY, Marcel Dekker, 2005, 1032 p
- CHOVAN, Tibor; GUTTMAN, Andras; **Microfabricated devices in biotechnology and biochemical processing**, **Trends in Biotechnology**, v. 20, n. 3, p. 116-122, 2002, Doi 10.1016/S0167-7799(02)01905-4.)
- CLIPPARD, M.Carrie; HUGLES, Willian; CHOHAN, S.; Balwant, SYKES, Danny. G. Construction and Characterization of a Compact, Portable, Low-Cost Colorimeter for the Chemistry Lab., **J. Chem. Educ.**, v. 1, p. A-H, 2016, DOI: 10.1021/acs.jchemed.5b00729
- COLTRO, Wendell; TOMAZELLI, Karlos. Microssistemas de análises químicas: introdução, tecnologias de fabricação, instrumentação e aplicações. **Quím. Nova**, v. 30, n. 8, p. 1986-2000, 2007. Doi: 10.1590/S0100-40422007000800034.
- DELGADO, Sven Schafers; CÔRTEZ, Mauro Rocha; REIS, Leonardo Castro; DALBERIO, Bruno Borges; BENZE, Rachel Pereira. A música digital e os celulares: novas formas de comercialização de música no século XXI. **XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**. A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão. Salvador, BA, Brasil, 06 a 09 de outubro de 2009. Disponível em http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_091_615_14602.pdf
- KIANI, Sajad; MINAEI, Saeid; VARMAMKHASTI, Ghasemi Mahdi. Application of electronic nose systems for assessing quality of medicinal and aromatic plant products: A review, **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 3, n. 1, p. 1-9, 2016, Doi 10.1016/j.jarmap.2015.12.002
- KIRSCHNECK, Dirk; TEKAUTZ, Günter. Integration of a Microreactor in an Existing Production Plant. **Chem. Eng. Technol.**, v. 30, n. 3, p. 305–308, 2007
- KUMAKHOY M.A.(editor), X-Ray Optics, From the editor in chief **Journal of Analytical Chemistry**, v. 63, n. 3, p. 207–208, 2008, DOI: 10.1134/S1061934808030015
- LEITE, Alisson R. et al. Array of miniaturized structures applied to small-labs development. **30th Symposium on Microelectronics Technology and Devices (SBMicro)**, 31 Ag. – 4 set., Bahia, p. 1-4, 2015. DOI 10.1109/SBMicro.2015.7298115
- LIMA, Roberto Da Rocha; et al. The use of microchannels for separation and preconcentration: comparison between three-dimensional and planar configurations. **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**, v. 30, n. 1-2, p. 1-13, 2011.

- MANUELA, Baietto., ALPHUS, D. Wilson., Electronic-Nose Applications for Fruit Identification, Ripeness and Quality Grading, **Sensors**, v.15, n.1, p. 899-931, 2015, doi:10.3390/s150100899
- MARTIN, Livia da Silva Neiva; TOSCHI, Mirza Seabra. CELULAR na escola: políticas, usos e desafios pedagógicos. **Revista Inter Ação**, v. 39, n. 3, p. 557-574, 2014.
- NASCIMENTO FILHO, Antonio Pereira et al. Preconcentration in gas or liquid phases using adsorbent thin films. **Materials Research**, v. 9, n. 1, p. 33-40, 2006.
- PICHI JR, Walter, Construção de protótipo para ensino na área tecnológica: cromatografia como estudo de caso, dissertação, **CEETEPS**, 2011, 140 f.
- PICHI JR, Walter; GATTI, Daniel Couto; DA SILVA, Maria Lúcia Pereira. Interdisciplinaridade como consequência de trabalhos conjuntos entre nível técnico e superior. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 34, n. 1, p. 51-60, 2015.
- PINTO, Luiz Fernando; DA ROCHA LIMA, Roberto; DA SILVA, Maria Lúcia Pereira. Avaliação de uso, no ensino de engenharia, de estruturas miniaturizadas úteis para a obtenção de misturas líquidas. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 34, n. 1, p. 61-72, 2015.
- POHAR, A.; PLAZL, I. Process Intensification through Microreactor Application, **Chem. Biochem. Eng. Q.**, v. 23, n. 4, p. 537–544, 2009
- PONCE ORTEGA, Maria Jose; AL-THUBAITI, M. Musaed; EI-HALWAGI, M. Mahoud; Process intensification: New understanding and systematic approach, **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 53, p. 63-75, 2012, doi 10.1016/j.cep.2011.12.010
- POUX, Martine; COGNET, Patrick; GOURDON, Christophe. **Green Process Engineering: From Concepts to Industrial Applications**, Capítulo: **Process intensification by miniaturization**, p. 77 – 108, CRC Press., Paris, 2015, 492 p.
- RANGASAMY, Manivannan, Nano Technology: A Review, **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 01, n. 2, p. 08-16, 2011
- RODA, Aldo; GUARDIGLI, Massimo; CALABRIA, Donato; CALABRETTA, Madalena Maria; CEVENINI, Luca; MICHELINI, Elisa. A 3D-printed device for a smartphone-based chemiluminescence biosensor for lactate in oral fluid and sweat **Analyst**, v. 139, p. 6494-6501, 2014, DOI: 10.1039/C4AN01612B)
- SÁ, Luciana Passos; FRANCISCO, Cristiane Andretta; QUEIROZ, Salete Linhares. Estudos de caso em química. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 731, 2007.
- SHEN, Hsien Hua; FAN, Kang Shid; KIM, Jin.Chang; YAO, Jeng Da. EWOD Microfluidic systems for biomedical applications, **Microfluid Nanofluid**, v. 16, p. 965–987, 2014, DOI 10.1007/s10404-014-1386-y
- SILVA, Maria Lúcia Pereira; FURLAN, Rogerio; RAMOS, Idalia. Development of miniaturized structures and setups for research and teaching of new concepts in Engineering. **9th International Conference on Engineering Education**, July, Porto Rico, p. 23-28, 2006.
- SILVA^a, Lilian Marques et al. Low cost microstructures for preconcentration of polar and non-polar organic compounds. **Materials science fórum**, v. 514-516, p. 1250-1254, 2006.

SILVA^b, Lilian Marques et al. Miniaturized spray injection systems. **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**, v. 31, n. 1-2, p. 1-10, 2012.

SILVA^c, M.L.P.; GAMEIRO, J. Pre-concentrators: trends and future needs, **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**, v. 25, n. 3, 123-130, 2006.

SIQUEIRA, Ethevaldo. **Para compreender o mundo digital**. Globo Livros, 2008.

SOUZA, Tiago Lobato; REIS, Gleise Batista; ELISIÁRIO, Larissa Sato. A Cultura Digital na Vida de Estudantes de Uma Escola Pública, **3º seminário nacional de inclusão digital**, 28 a 30 de Abril, Paraíba, 2014. Disponível em http://gepid.upf.br/senid/2014/wp-content/uploads/2014/Artigos_Completos_1920/123548.pdf