



## **Desenvolvimento de uma Ferramenta Didática: uma aplicação da Automação Residencial**

**Bárbara Guerra, Fellipy Nascimento Gonçalves Araujo, Lenicio Miguel Martins, Justino Medeiros, Andrea Bitencourt.**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA. e-mail: babiguerra05@gmail.com, fellipygoncalves@ifba.edu.br, leniciomartins@hotmail.com, justino@ifba.edu.br, andreabitencourt@ifba.edu.br.

**Resumo:** A busca por projeto interdisciplinar é crescente nos ambientes acadêmicos, pois possibilita a articulação de conteúdos das diversas áreas. Neste contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento e implementação de um ambiente de ensino que tem como foco a automação residencial através da construção do protótipo de um ambiente residencial para a simulação e análise dos sistemas de controle de temperatura e acesso. Utilizou-se na sua construção materiais recicláveis de equipamentos desativados com o objetivo de obter um sistema de baixo custo como ferramenta didática para o curso de Automação Industrial, difundindo durante a utilização do mesmo os conhecimentos teóricos e práticos da automação residencial, bem como, conceitos de interdisciplinaridade e sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Automação Residencial, ferramenta didática, interdisciplinaridade

### **1. INTRODUÇÃO**

A elaboração de projetos interdisciplinar é crescente nos mais diversos ambientes educacionais, do fundamental ao superior. O objetivo da interdisciplinaridade é integrar e contextualizar os conteúdos das disciplinas eliminando a fragmentação do conhecimento, caracterizado pelo tradicional método cartesiano.

Segundo (FAZENDA, 2008 APUD FEISTEL, 2011), as discussões sobre a interdisciplinaridade surgiram na Europa, especialmente na França e na Itália, em meados da década de 1960, num período assinalado pelos movimentos estudantis que, dentre outras reivindicações, exigiam um ensino mais sintonizado com as questões de ordem social, política e econômica da época.

No Brasil a interdisciplinaridade é discutida desde a década de 60, mas foi a partir da busca pela formação mais geral e contextualizada que orientou a reformulação do ensino expressa na nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação – Lei 9.394/96 e a formulação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000) incluindo a interdisciplinaridade com tema transversal, sendo questão importante a ser desenvolvida nas práticas educativas, minimizando a segmentação entre as diferentes áreas do conhecimento.

A interdisciplinaridade não tem a pretensão de criar novas disciplinas ou saberes, mas de utilizar os conhecimentos de várias disciplinas para resolver um problema (BRASIL, 2000). Com este objetivo, este trabalho apresenta uma abordagem interdisciplinar no Curso Técnico de Automação Industrial, integrando diversas áreas, priorizando as disciplinas de eletrônica analógica e controle. Através da construção de uma ferramenta didática de baixo custo, que permite além de integrar as áreas do conhecimento, eletrônica e controle, desenvolver outro tema transversal de grande relevância que é o Meio Ambiente, com o conceito de sustentabilidade através da reutilização de materiais e dispositivos em desuso.

Na seção 2 encontra-se uma introdução à Automação Residencial e as principais características do algoritmo de controle PID, na seção 3 são apresentadas o objeto de estudo deste trabalho e os circuitos desenvolvidos. A seção 4 descreve os testes realizados e os resultados obtidos, por fim, a seção 5 apresenta as conclusões e perspectivas para futuros trabalhos.

### **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A aplicação da automação em dispositivos destinados a manutenção do bem-estar, da segurança e do monitoramento de utilidades (água, climatização, energia elétrica) de uma residência constitui um importante e atual ramo do controle e automação denominado como *Smart Home* (FERREIRA, 2010).



A automação residencial proporciona um bem-estar e segurança com confiabilidade e economia, podendo ser aplicada desde as técnicas mais básicas a estratégias mais avançadas. Com grande número de variáveis a serem controladas localmente ou remotamente, dentre elas, a luminosidade, temperatura ambiente, acesso, vazão em sistema de irrigação de jardins, dentre outras.

Para garantir o conforto em um ambiente residencial, a temperatura é uma variável importante. Para o controle desta variável existem diferentes técnicas que podem ir do controle *On-Off*, como termostatos presentes em ar condicionados a estratégias de controle mais complexa. Dentre elas, o algoritmo de Controle Proporcional-Integral-Derivativo (PID) que constitui uma das formas mais efetivas de controle de temperatura (JURIZATO, 2003), pois estabiliza a variável controlada no *Set-Point* eliminando a oscilação da variável deixada pelo controle *On-Off*.

O PID é composto por três etapas para a correção do sinal, denominadas: proporcional, integral e derivativa. As mesmas possuem, respectivamente, os objetivos de estabilizar o processo; auxiliar a ação proporcional eliminando o desvio permanente (produzindo uma correção equivalente ao erro); e acelerar a correção, gerando uma ação proporcional a velocidade da variação do erro (NOVUS, 2003).

O controlador eletrônico analógico é desenvolvido através da associação de amplificadores operacionais, o bloco proporcional é constituído por um circuito amplificador inversor (capaz de adequar o sinal de entrada a partir de um ganho relacionado com o valor das resistências). O integral é constituído por um circuito amplificador integrador, no qual o ganho esta relacionado com o valor do capacitor fixado na realimentação do amplificador. O bloco derivativo, por sua vez, constitui um circuito amplificador diferenciador, tendo a sua entrada um capacitor e em sua realimentação um resistor (BOYLESTAD, 1998). A expressão matemática que define o algoritmo PID é representada pela Equação 1.

$$M_v(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (1)$$

Sendo  $K_p$ ,  $K_i$  e  $K_d$  os ganhos das ações  $P$ ,  $I$  e  $D$ , e  $M_v$  o valor da variável manipulada (NOVUS, 2003).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de uma residência para avaliar um sistema de controle de temperatura, alternando as ações de uma lâmpada e de um *cooler* exaustor por meio da comutação de um relé que funciona a partir de um sinal de correção enviado por um controlador PID analógico e um sistema de acionamento para o fechamento e abertura da porta. Sendo um melhoramento do protótipo de teste desenvolvido em (MEDEIROS et al, 2011), onde são apresentados resultados parciais.

A figura 1 apresenta o protótipo desenvolvido em *SolidWorks* com suas dimensões e o protótipo construído para realização dos testes. Dentre as características do sistema, destacam-se o material utilizado, madeira, por ser um bom isolante térmico, reduzindo a troca térmica com o meio externo e cobertura de acrílico para melhor visualização do seu interior. Os principais componentes desse sistema são apresentados abaixo:

- Termopar tipo J com range de 0 a 760°C com limite de erro  $\pm 2,2^\circ\text{C}$ , como elemento de medição;
- Como elementos finais de controle, um cooler exaustor de 127V/200W e uma lâmpada de potencia 127V/100W;
- Portas automáticas feitas a partir do *hardware* de CD/DVD para agregar mais funcionalidade a residência.

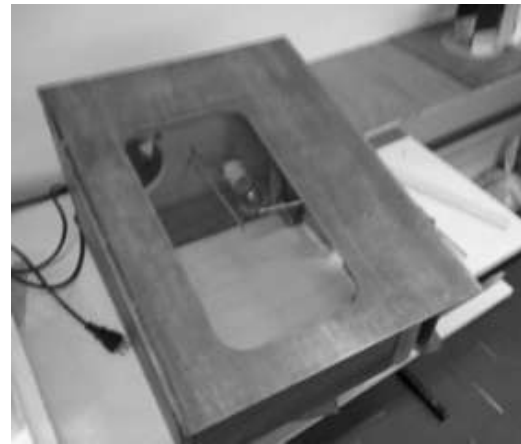
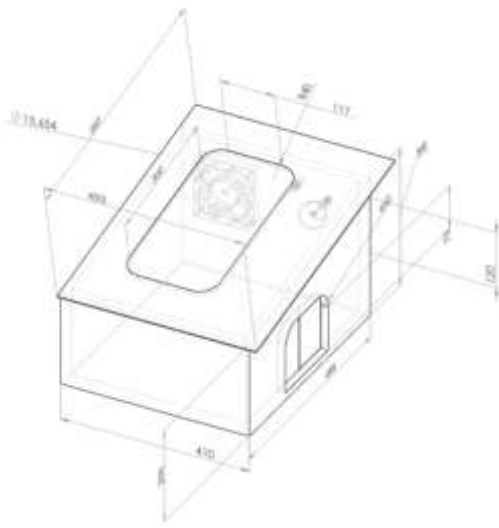


Figura 1: Projeto do protótipo

**a. Controle de Temperatura**

Segundo FACCIN(2004) em 1935 *Ralph Clarridge da Taylor Instrument Companies* criou o controlador de três termos que antecipava a variação do sinal de erro, com o objetivo de solucionar um problema de oscilação de malha para controle de temperatura em uma indústria de celulose. Essa ação antecipatória foi denominada inicialmente de *pre-act*, e foi testada apenas em casos especiais até 1939, quando uma versão foi implementada como padrão nos sistemas de controle nas indústrias.

A Figura 2 representa o layout do controlador do PID desenvolvido, o sinal de saída do sensor é aplicado na entrada do circuito de forma que a tensão gerada em *mV* é amplificada e direcionada a três sub-circuitos com amplificadores com a função de tratar o sinal, por meio das ações proporcional, integral e derivativa com ganho sintonizado. Os sinais gerados na saída de cada estágio de amplificação foram somados por um circuito somador, gerando o sinal da variável principal amplificado e modulado.

Para fins didáticos os circuitos proporcional, integrador e derivador foram chaveados para o estudo das ações P, PI, PD e PID separadamente, analisando dessa forma o efeito de cada ação no processo.

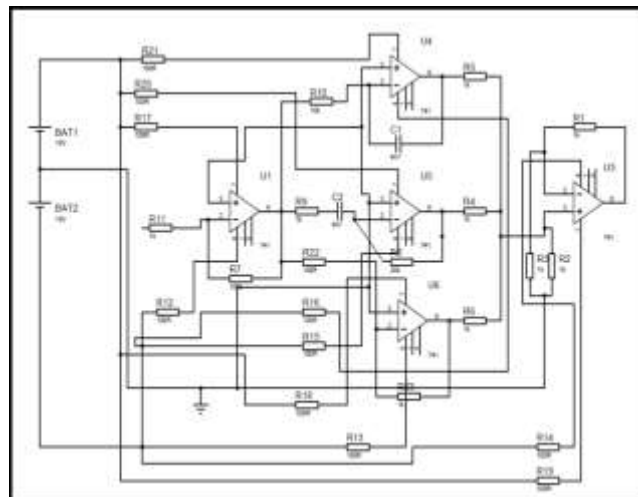


Figura 2: Controlador Proporcional, Integral, Derivativo (PID)



O circuito comparador, apresentado na figura 3, amplifica o sinal de saída do controlador a partir da sua comparação com um valor de referência que é ajustado por meio do potenciômetro  $Rv1$ . Este sinal é levado ao transistor que atua no relé comutando-o para normalmente fechado ou aberto a depender do sinal de correção gerado e ativando assim a lâmpada ou voltando ao estado inicial ativando o cooler.

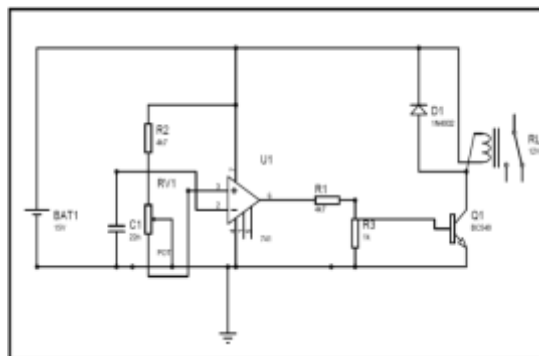


Figura 3: Circuito Comparador com ajuste de Set Point

#### b. Controle de Acesso

O sistema de abertura e fechamento das portas é composto por uma botoeira e portas adaptadas de *drive* de CD/DVD. O controle de acesso é realizado através de um circuito temporizador, acionado através de uma botoeira na entrada da residência. A partir do acionamento da porta o capacitor carrega, mantendo a porta aberta durante o tempo de carregamento do mesmo.

O circuito desenvolvido no *Proteus 7.7*, utiliza o amplificador TDA2822 para a atuação do motor, como apresentado na Figura 4. Este mecanismo consiste em uma roldana adaptada ao *drive* de CD/DVD que altera a resistência do potenciômetro assim que é acionada a botoeira, revertendo a polaridade da tensão de atuação no motor, possibilitando o retorno do mesmo a posição inicial.

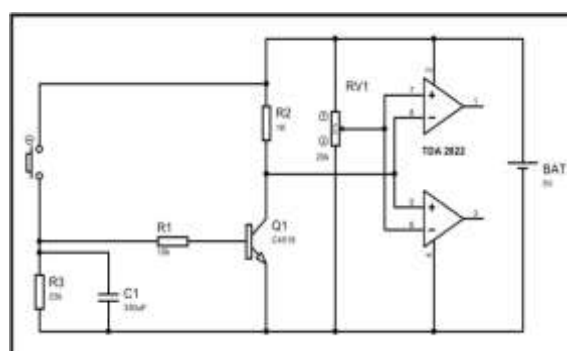


Figura 4: Circuito do controle de acesso

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho foram divididos em duas seções: a primeira apresenta o método utilizado para obtenção dos ganhos e a seção seguinte, a metodologia para obtenção dos resultados e a avaliação do desempenho do sistema de controle.

#### a. Cálculo do Ganho

Os ganhos dos amplificadores das ações Proporcional, Integral e Derivativa foram obtidos pelo método das aproximações sucessivas a partir da Equação 2.



$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad (2)$$

Onde  $A_v$  é o ganho de tensão do amplificador,  $V_{out}$  a tensão de saída e  $V_{in}$  a tensão de entrada. Determinando os valores dos resistores e capacitores apresentados na tabela 1.

Tabela 1- Valores dos Resistores e Capacitores

Ação	Resistor (kΩ)	Capacitor(ηF)
P	Rin = 0,5 Rout = 0.9	-----
I	Rin = 0,9	Cout = 4,7
D	Rout = 22	Cin = 4,7

Com os valores dos resistores e capacitores acima e a Equação 3, a Figura 5 ilustra o circuito desenvolvido da ação Proporcional, com o valor do ganho( $K_p$ ) apresentado na Equação 3.

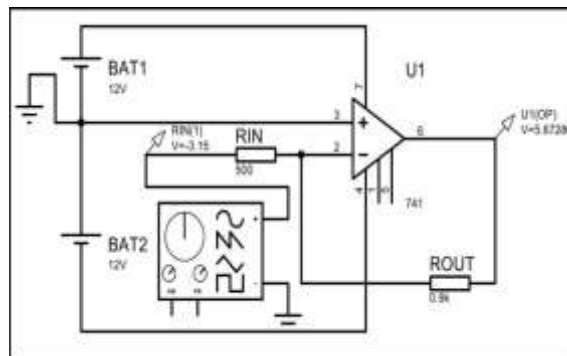


Figura 5: Ação Proporcional

$$K_p = A_v = 1,8 \quad (3)$$

A Figura 6 apresenta o circuito desenvolvido da ação Integral, com o valor do ganho ( $K_I$ ) apresentado na Equação 4.

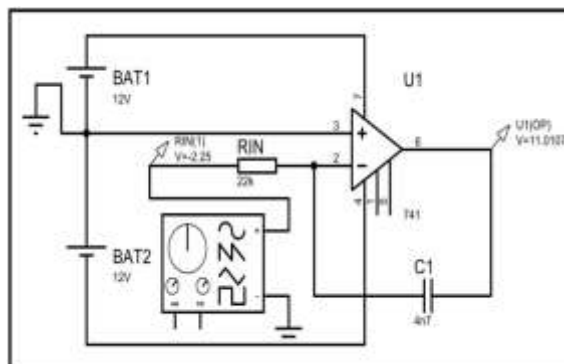


Figura 6: Ação Integral



$$K_I = A_v = 4,89 \quad (4)$$

A Figura 7 apresenta o circuito desenvolvido da ação Derivativa, com o valor do ganho ( $K_D$ ) apresentado na Equação 5.

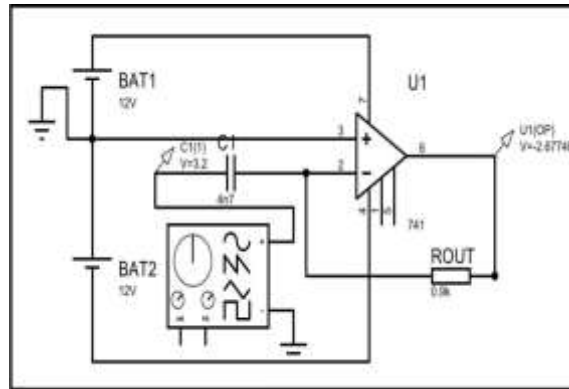


Figura 7: Ação derivativa

$$K_D = A_v = 0,84 \quad (5)$$

### b. Avaliação do Desempenho

Para a obtenção e análise dos resultados foram usados diversos instrumentos para visualização e interpretação dos dados, dentre eles, multímetro, osciloscópio e um módulo de aquisição de dados (*FieldLogger*) acoplado ao termopar para medir a variação da temperatura em um determinado intervalo de tempo. Os intervalos de medição foram definidos de acordo com as amostragens do módulo de aquisição.

A partir dos dados coletados durante os testes foram obtidas curvas características do desempenho do sistema de controle PI e PID. Já que as ações P e PD não conseguiram exercer o controle efetivo devido a limitação da tensão gerada com os ganhos dos Amplificadores, saturando-o e não permitindo a comutação no relé.

O gráfico da figura 8 apresenta a curva de desempenho do controle PI.

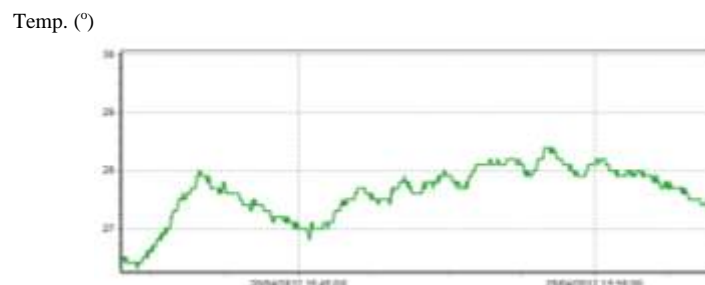


Figura 8: Curva de desempenho da ação PI

Com esta ação não foi possível estabilizar a variável no *Set-Point*, isto deve-se principalmente a característica inerente do processo de controle da Temperatura de possuir tempo morto elevado, sendo necessária a ação derivativa para melhorar o desempenho do sistema de controle. A figura 09 apresenta a curva obtida com o controlador PID.

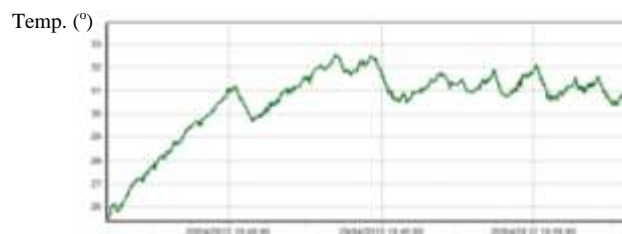


Figura 09: Curva de desempenho da ação PID

Com a análise da curva de desempenho da ação PID é possível verificar a eficiência do controle em relação ao controle PI, isto deve-se a característica antecipatória da ação derivativa, permitindo uma velocidade maior de correção do erro.

## 5. CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e avaliação de uma ferramenta didática interdisciplinar, com implementação de um controle PID, desenvolvendo habilidades e competências nas áreas de controle e eletrônica analógica, melhorando o desempenho dos estudantes dos cursos técnicos do Instituto Federal da Bahia, utilizando a Automação Residencial como estudo de caso. Os resultados obtidos durante os testes no protótipo comprovaram a eficiência da ação PID no controle de temperatura, por sua capacidade de compensar o tempo morto e com rápida resposta na estabilização do sistema.

Como trabalho futuro, será implementada uma célula fotovoltaica tornando o sistema alto suficiente, não necessitando de alimentação externa. Além disso, será desenvolvido um sistema de controle baseado em microprocessador para a análise comparativa dos sistemas de controle.

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal da Bahia pelo apoio durante o desenvolvimento da pesquisa e aos colaboradores da Coordenação de Automação e ao GSAM.

## REFERÊNCIAS

- BOYLESTAD, R. L. e Nashelsky, L. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. Prentice-Hall do Brasil, 1998.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio): Lei de Diretrizes e Bases da Educação**. Ministério da Educação. Secretaria de Educação: Brasília (DF), 2006 v.1; il.
- FACCIN, F., **Abordagem Inovadora no Projeto de Controladores PID**. UFRGS. Porto Alegre 2004.
- FEISTEL, Roseli ; MAESTRELLI, S. **Discussões atuais sobre a interdisciplinaridade no ensino de Ciências**. In: XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2011, Manaus - AM. Anais do XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física. Manaus - AM: Editora UFAM, 2011. Volume único.
- FERREIRA, V.G.Z. **A Domótica Como Instrumento para a Melhoria da Qualidade de Vida dos Portadores de Deficiência**. Monografia, João Pessoa, 2010.
- JURIZATO, L.A. et. al. **Sistemas Supervisórios**. Faculdades Network. Nova Odessa, 2003.
- MEDEIROS, J., Martins, L., BITENCOURT, A., GUERRA, B., AGUIAR, A., **Avaliação de um Sistema de Controle de Temperatura Ambiente: Uma Aplicação na Automação Residencial**, SNCA, Salvador, 2011.
- NOVUS. **Introdução ao Controle PID**. Artigo Técnico, 2003