

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS CORNÉLIO PROCÓPIO
SISTEMAS MICROCONTROLADOS

Jéssica Leme Freitas, 2268248
Pedro Otavio de Brito, 2144310
Stefano Calheiros Stringhini, 2312123

PROJETO FINAL - EQUIPE 08

CORNÉLIO PROCÓPIO
JUNHO, 2024

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. HIPÓTESES DO PROBLEMA	4
a. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	4
b. HIPÓTESES	5
c. COMPRIMENTO DAS HIPÓTESES	6
3. SENSORES	7
a. SENSOR CAPACITIVO DE SATURAÇÃO DO SOLO	7
b. TERMISTOR	7
c. SENSOR DE PH DE SONDA	9
4. FLUXOGRAMAS	11
5. PROTOTIPAÇÃO	16
a. PROTEUS	16
b. KIT DIDÁTICO	17
6. CÓDIGO	18

1. INTRODUÇÃO

A disciplina de Sistemas Microcontrolados, ministrada esse semestre pelo professor Miguel Angel Chincaro Bernuy, desempenha um papel fundamental na formação de Engenheiros da Computação, pois proporciona os fundamentos necessários para o desenvolvimento de soluções que integram o hardware e o software de sistemas microcontrolados. Dentro desse contexto, foi concebido um projeto utilizando o microcontrolador PIC18F4550 para monitorar a qualidade do solo.

O monitoramento da qualidade do solo é fundamental para garantir a sustentabilidade ambiental, a segurança alimentar e a saúde pública. Solos de qualidade suportam a agricultura produtiva, essencial para alimentar a crescente população mundial. Além disso, a qualidade do solo impacta diretamente a biodiversidade, influenciando os ecossistemas locais e globais. Solos contaminados podem introduzir poluentes nas cadeias alimentares e nos lençóis freáticos, representando riscos significativos para a saúde humana e animal. O monitoramento contínuo permite a identificação precoce de degradação e contaminação, possibilitando a implementação de medidas corretivas e preventivas. Isso é crucial para a preservação dos recursos naturais e para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, garantindo um ambiente mais saudável e resiliente para as gerações futuras.

2. HIPÓTESES DO PROBLEMA

a. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

No início do semestre todos os alunos desenvolveram, individualmente, a proposta de problemas relacionando os sistemas microcontrolados com áreas de nosso conhecimento específicos. Nosso grupo desenvolveu 3 propostas diferentes e após o debate dos problemas desenvolvemos uma avaliação das propostas, foram avaliados de 1 a 10 as seguintes questões:

monitoramento de qualidade do solo em agricultura, projeto de Stefano				
critério	explicação	Jéssica	Pedro Otávio	Stefano
CT1	A simplicidade da solução	10	9	8
CT2	Os impactos sociais e econômicos do problema	10	10	10
CT3	O acesso a pessoas ou empresas envolvidas no problema	10	10	10
CT4	Associação à, pelo menos, uma disciplina profissional do curso	10	8	9
CT5	As informações medidas podem ser feitas por sensores	10	10	10
CT6	As ações que podem ser tomadas podem ser feitas por saídas digitais ou analógicas	10	10	10

Após a votação das questões acima para todos os problemas, tivemos a seguinte média de avaliações:

médias das avaliações			
	Jéssica	Pedro Otávio	Stefano
monitoramento e controle de qualidade do ar em ambientes fechados	8,3	8,7	9,0
controle de iluminação de ambientes internos	9,3	9,2	8,7

monitoramento de qualidade do solo em agricultura	10,0	9,5	9,5
---	------	-----	-----

Portanto, por avaliação ficou decidido que o projeto em grupo seria desenvolvido a partir do problema “monitoramento de qualidade do solo na agricultura”.

b. HIPÓTESES

Após definirmos o problema, iniciamos o desenvolvimento da proposta de solução, dedicando-nos a analisar diferentes abordagens possíveis. Após uma avaliação criteriosa das opções, concluímos que um projeto ideal envolve o monitoramento da umidade, da temperatura e do pH do solo. Com esses parâmetros monitorados em tempo real, poderíamos otimizar a irrigação, ajustar a aplicação de fertilizantes e corrigir o pH do solo, promovendo assim um crescimento vegetal mais saudável e produtivo.

A umidade do solo é crucial para o crescimento das plantas, influenciando a disponibilidade de água e nutrientes. Monitorá-la ajuda a otimizar a irrigação, economizando água e prevenindo a salinização e a erosão do solo. A temperatura do solo afeta a atividade microbiana e o desenvolvimento das raízes, impactando diretamente a saúde das plantas.

O pH do solo, por sua vez, determina a disponibilidade de nutrientes e a toxicidade de certos elementos. Solos muito ácidos ou alcalinos podem limitar a absorção de nutrientes essenciais, afetando o rendimento das culturas. O monitoramento regular desses parâmetros permite ajustar práticas de manejo agrícola, promover a saúde do solo e aumentar a produtividade, além de mitigar impactos ambientais negativos.

Dessa forma, o projeto não apenas atende às necessidades imediatas, mas também contribui para a sustentabilidade agrícola a longo prazo.

Hipótese 1:

Problema: Controle de umidade do solo.

Solução: Implementar um sistema de coleta, análise e monitoramento de umidade do solo.

Hipótese 2:

Problema: Controle do Ph do solo.

Solução: Implementar um sistema de coleta, análise e monitoramento do Ph do solo.

Hipótese 3:

Problema: Controle da temperatura do solo.

Solução: Implementar um sistema de coleta, análise e monitoramento de temperatura do solo.

Hipótese 4:

Problema: Verificação dos dados coletados.

Solução Proposta: Implementação da amostragem dos dados coletados no LCD.

Hipótese 5:

Problema: Definição dos valores de referência.

Solução: Implementação e edição dos valores desejados para umidade, Ph e temperatura do solo.

c. COMPRIMENTO DAS HIPÓTESES

Para avaliar se o sistema de monitoramento de qualidade do solo cumpre com as hipóteses citadas, é necessário analisar cada fase do desenvolvimento e implementação do sistema, conforme descrito anteriormente:

1. Prototipação e Fluxograma

O fluxograma inicial define as configurações dos Configuration Bits, a ativação das portas, além das variáveis auxiliares e de controle. Essa estrutura inicial é essencial para garantir a funcionalidade básica do sistema, estabelecendo uma base sólida para o monitoramento.

2. Captura das informações do solo

A lógica para capturar as informações do solo e exibir para o usuário representada no fluxograma. Informando a saturação de água, ph e temperatura no display LCD.

3. Controle de água

A lógica presente no fluxograma de ligar o relé da bomba de água apenas quando a saturação exceder o limite por 30 segundos e evitar eventuais oscilações, garante uma resposta estável às mudanças do ambiente. E irrigar a plantação até ser restabelecido o valor de máxima umidade do solo. Esta abordagem eficiente confirma que o sistema atende aos requisitos de estabilidade e confiabilidade.

4. Simulação e Montagem

A implementação do circuito no software ISIS Proteus, seguida pela montagem física, demonstra a viabilidade prática do design teórico.

Dessa forma, o sistema proposto cumpre as situações estabelecidas, desde a configuração inicial até a implementação prática, garantindo um monitoramento preciso e uma resposta eficaz às mudanças do ambiente e uma plantação de qualidade.

3. SENSORES

a. SENSOR CAPACITIVO DE SATURAÇÃO DO SOLO

Os sensores capacitivos de umidade do solo são utilizados para medir a quantidade de água no solo. Eles funcionam através de duas placas condutoras que formam um capacitor, cuja capacitância varia conforme a umidade do solo. Quanto mais água no solo, maior a capacitância devido à alta constante dielétrica da água.

Um circuito oscilador RC converte essa capacitância em uma frequência de oscilação, que é inversamente proporcional à umidade do solo. Essa frequência é então convertida em um valor digital por um microcontrolador, indicando o nível de umidade. Comparados aos sensores resistivos, os capacitivos são mais duráveis e precisos, pois são menos afetados por corrosão e condições químicas do solo.

São amplamente usados na agricultura para otimizar a irrigação e garantir o crescimento saudável das plantas. A instalação é simples, exigindo apenas inserção no solo, e a calibração regular com solos de umidade conhecida é importante para manter a precisão das medições.



sensor de saturação analógico genérico

b. TERMISTOR

Os termistores são sensores de temperatura que operam com base na variação da resistência elétrica de um material semicondutor conforme a temperatura muda. Um tipo comum é o NTC (Negative Temperature Coefficient), onde a resistência diminui à medida que a temperatura aumenta. Isso ocorre porque o aumento da temperatura provoca maior agitação

térmica nos átomos do material semicondutor, aumentando a condutividade elétrica e reduzindo a resistência. Esses sensores são integrados em circuitos elétricos onde atuam como resistores variáveis. A medição da temperatura ocorre através da aplicação de uma corrente constante e medição da queda de tensão resultante, ou por meio de circuitos de medição de resistência.

Na agricultura, os termistores NTC são frequentemente enterrados em diferentes profundidades do solo para monitorar variações de temperatura em várias camadas. Isso é crucial para determinar condições ideais de plantio, irrigação e desenvolvimento das culturas. Sua precisão e resposta rápida os tornam fundamentais para otimizar práticas agrícolas, garantindo que as decisões sejam baseadas em dados precisos sobre as condições térmicas do solo ao longo do tempo.

exemplo: LM35DZ

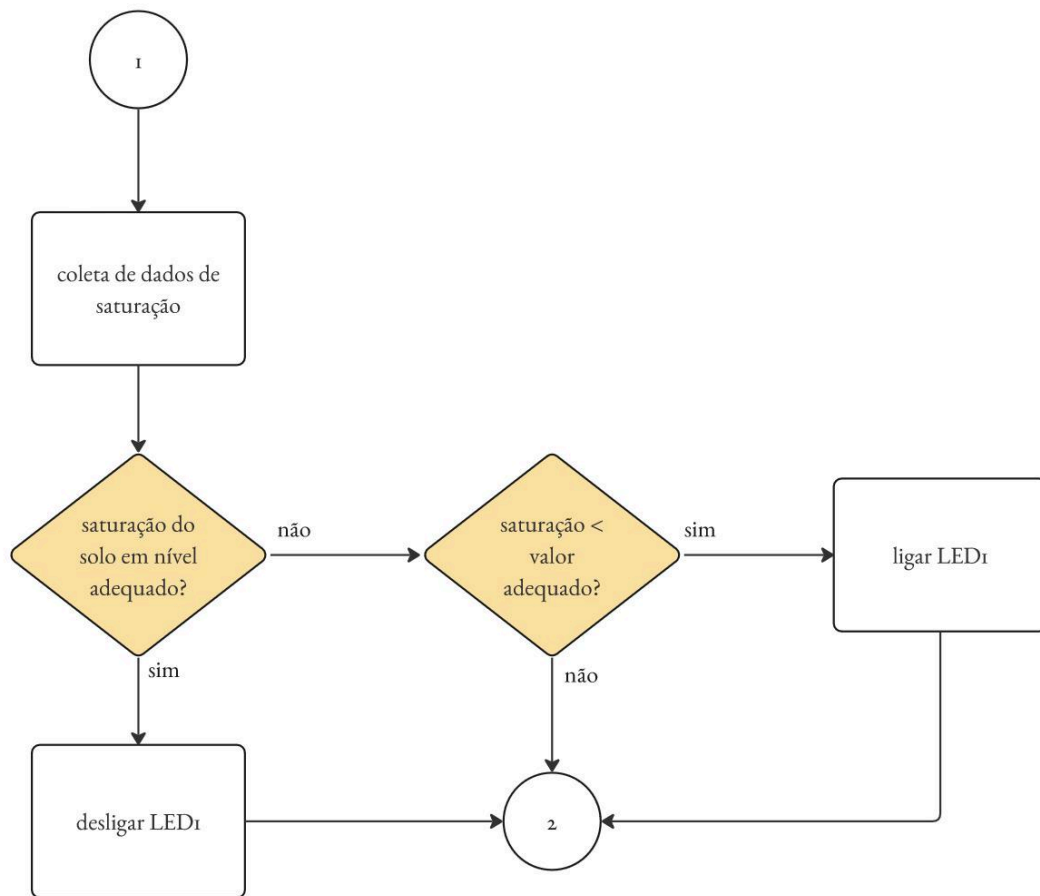
O sensor LM35DZ é utilizado na agricultura para monitorar a temperatura do solo de forma precisa e direta. Funciona convertendo a temperatura em uma voltagem proporcional, facilitando a leitura através de um microcontrolador ou dispositivo de monitoramento. Ao ser inserido no solo em profundidade apropriada, o sensor detecta variações térmicas significativas, fornecendo dados essenciais para decisões agrícolas como plantio, irrigação e proteção contra geadas. Sua simplicidade de uso, aliada à precisão e estabilidade das medições, torna-o ideal para integrar em sistemas de monitoramento automatizado. Assim, o LM35DZ não apenas ajuda na gestão eficiente do solo, mas também contribui para melhorar a produtividade e sustentabilidade das práticas agrícolas.

regular utilizando soluções tampão de pH conhecido. Na agricultura, é utilizado para monitorar o pH do solo, fundamental para otimizar a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Essas medições ajudam os agricultores a ajustar o manejo de fertilizantes e corretivos de pH, promovendo condições ideais para o crescimento saudável das culturas. O sensor BNC PH4502C é uma ferramenta essencial para a gestão agrícola, oferecendo dados precisos que contribuem para práticas sustentáveis e eficientes de manejo de solo.

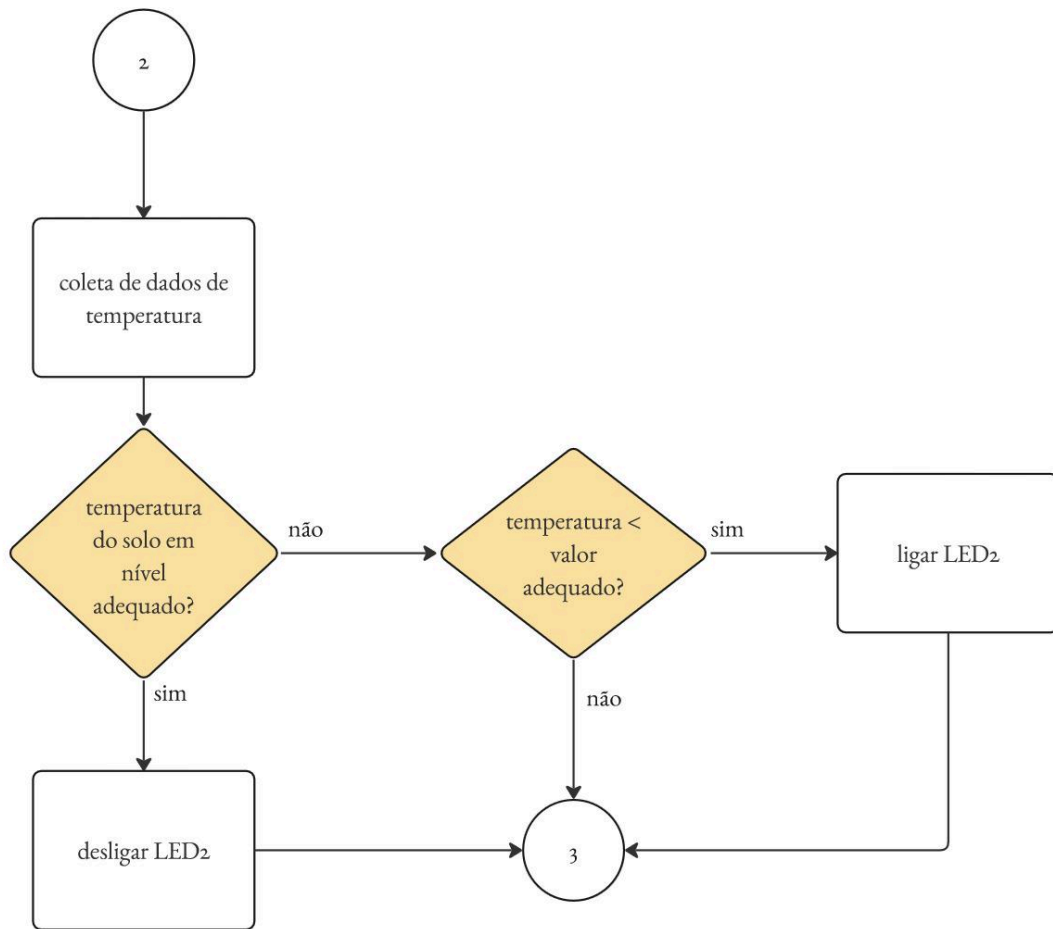


sensor de PH modelo BNC PH4502C

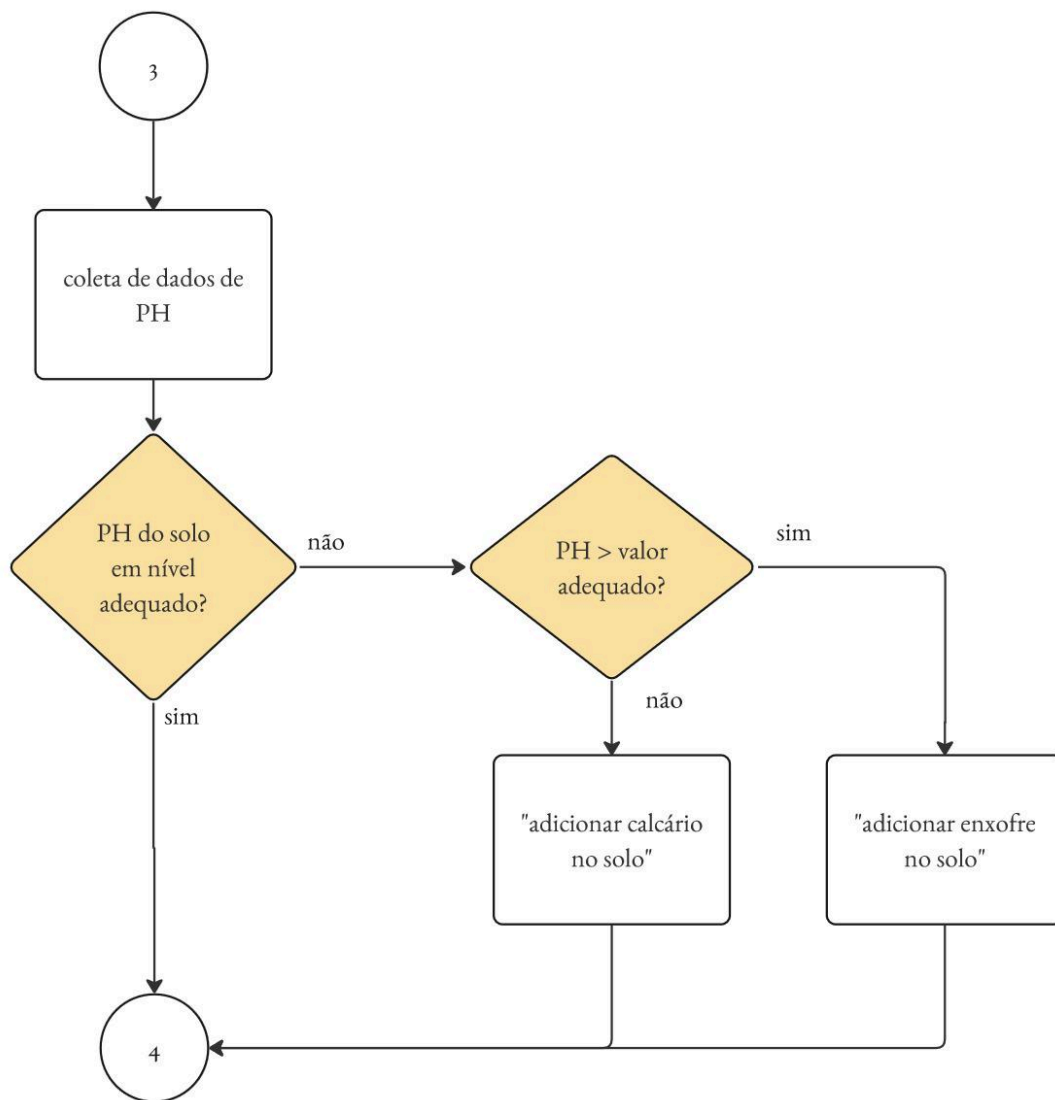
4. FLUXOGRAMAS



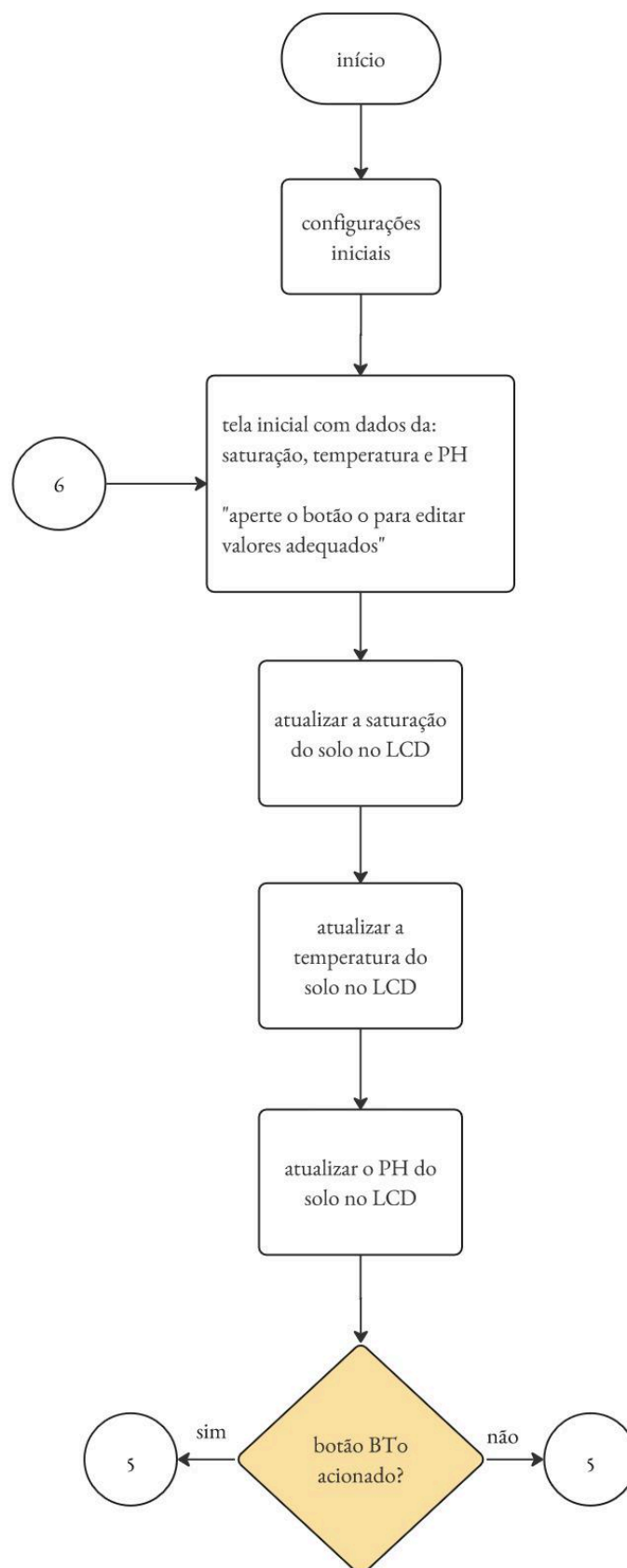
hipótese 1, saturação do solo



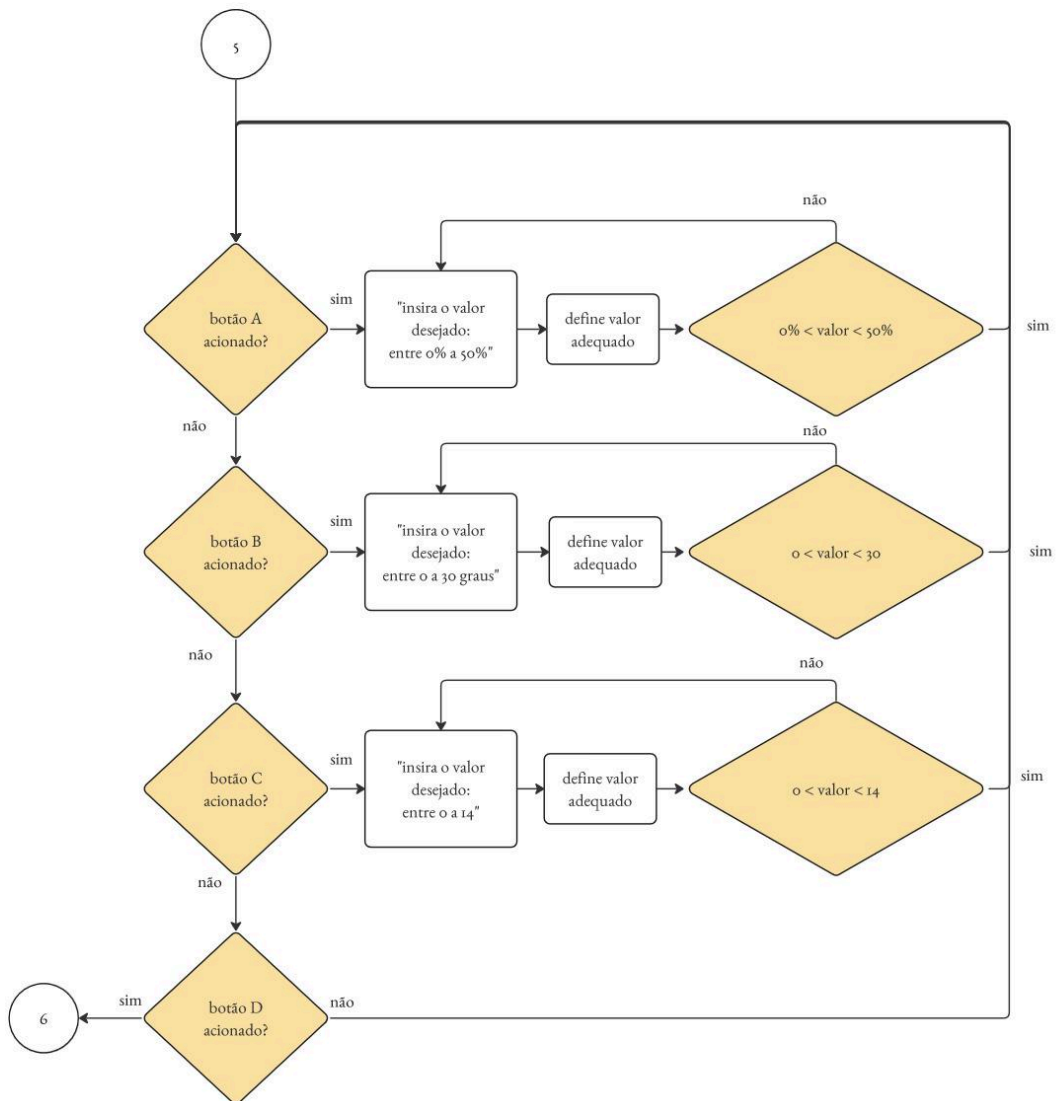
hipótese 2, temperatura do solo



hipótese 3, PH do solo



hipótese 4, verificação dos dados



hipótese 5, definição dos valores de referência

5. PROTOTIPAÇÃO

a. PROTEUS

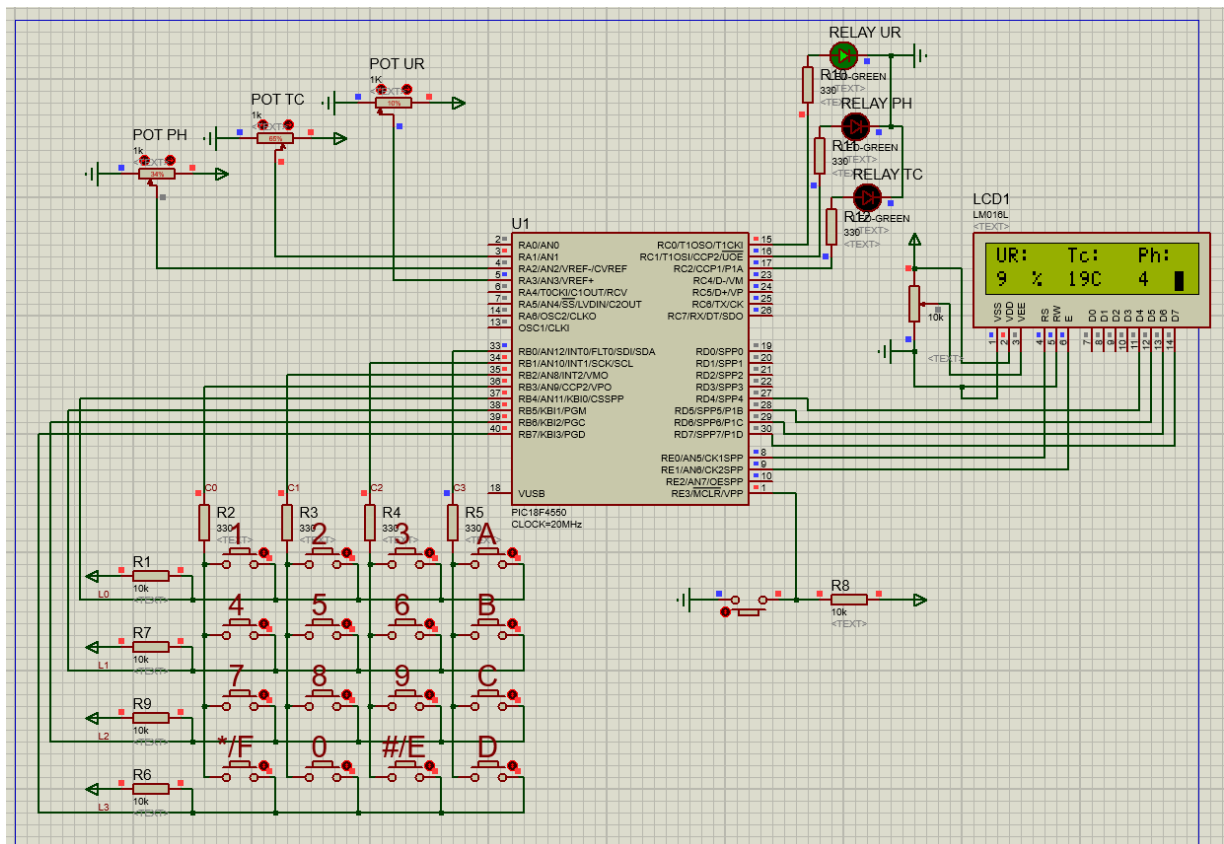


imagem 01 - simulação no Proteus

b. KIT DIDÁTICO

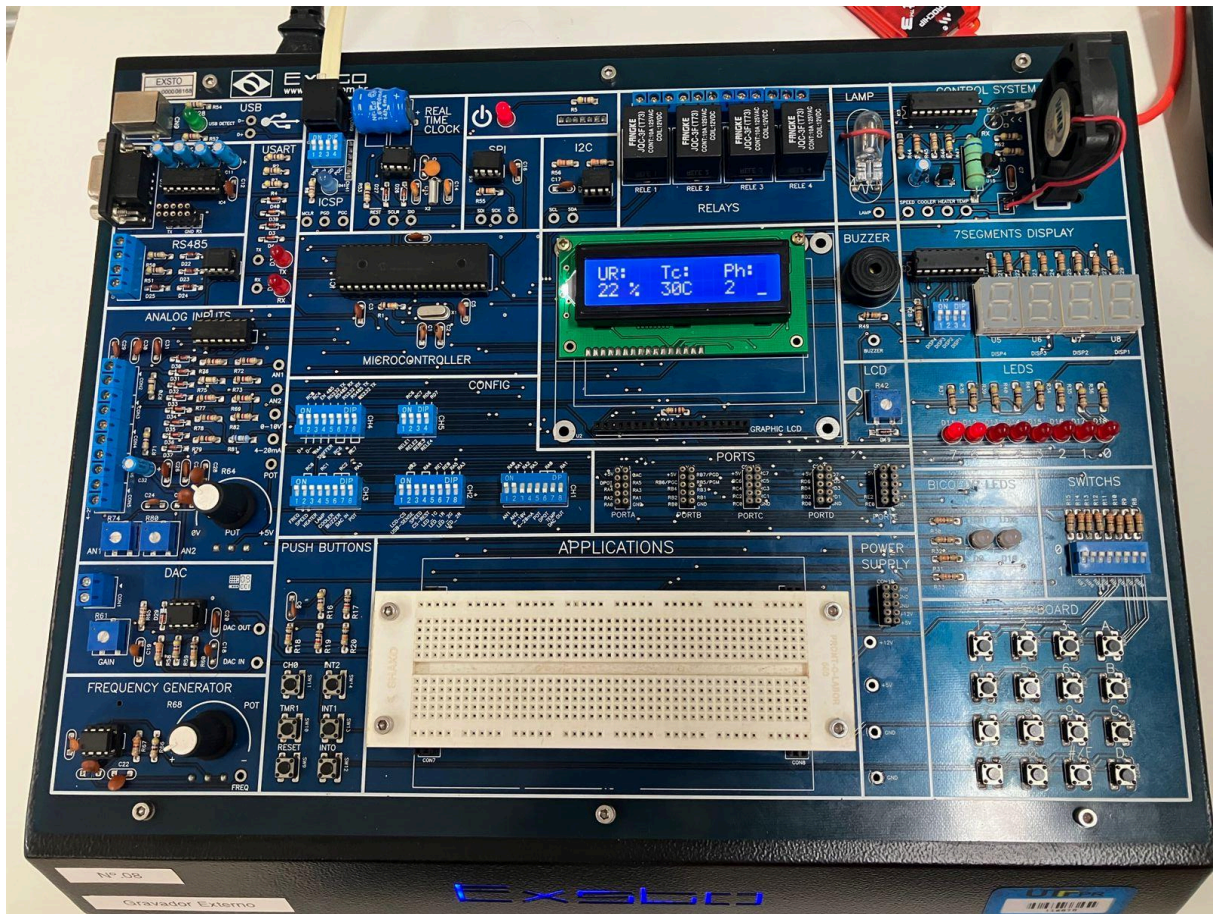


imagem 02 - simulação no kit didático

6. CÓDIGO

C/C++

```
#include <xc.h>
#include <stdio.h>
#include "nxlcd.h"

// Configurações dos bits de configuração
#pragma config FOSC = HS          // Oscilador HS
#pragma config WDT = OFF          // Watchdog Timer desligado
#pragma config LVP = OFF          // Desabilita o ICSP de baixa voltagem
#pragma config PBADEN = OFF       // Porta B configurada como I/O digital
ao resetar

#define _XTAL_FREQ 2000000 // Frequência do oscilador

// Definição das portas
#define POT_UMIDADE PORTAbits.RA0
#define POT_PH PORTAbits.RA1
#define POT_TEMP PORTAbits.RA2
#define RELAY_UMIDADE PORTCbits.RC0
#define RELAY_PH PORTCbits.RC1
#define RELAY_TEMP PORTCbits.RC2

int umidade, ph, temp;
int limite_UR = 50, limite_Tc = 20, limite_Ph = 7;

int LEADC(int channel) {
    ADCON0bits.CHS = channel;
    __delay_ms(2);
    ADCON0bits.GO = 1;
    while (ADCON0bits.GO);
    return (ADRESH << 8) + ADRESL;
}

void controleAgua(int UR) {
    if (UR < limite_UR){
        RELAY_UMIDADE = 1;
    } else {
        RELAY_UMIDADE = 0;
    }
}

void controlePh(int Ph){
    if (Ph > limite_Ph) {
        RELAY_PH = 1;
    } else {
        RELAY_PH = 0;
    }
}

void controleTc(int Tc){
    if (Tc > limite_Tc) {
        RELAY_TEMP = 1;
    }
}
```

```

    } else {
        RELAY_TEMP = 0;
    }
}

```

```

char Keypad() {

```

```

    PORTB = 0b11110111;
    if (!PORTBbits.RB4) return '1';
    if (!PORTBbits.RB5) return '4';
    if (!PORTBbits.RB6) return '7';
    if (!PORTBbits.RB7) return '*';

```

```

    PORTB = 0b1111011;
    if (!PORTBbits.RB4) return '2';
    if (!PORTBbits.RB5) return '5';
    if (!PORTBbits.RB6) return '8';
    if (!PORTBbits.RB7) return '0';

```

```

    PORTB = 0b1111101;
    if (!PORTBbits.RB4) return '3';
    if (!PORTBbits.RB5) return '6';
    if (!PORTBbits.RB6) return '9';
    if (!PORTBbits.RB7) return '#';

```

```

    PORTB = 0b1111110;
    if (!PORTBbits.RB4) return 'A';
    if (!PORTBbits.RB5) return 'B';
    if (!PORTBbits.RB6) return 'C';
    if (!PORTBbits.RB7) return 'D';

```

```

    return '\0';

```

```

}

```

```

int readNumber() {
    char key = '\0';
    int num = 0;
    //char valorStr[16];
    // sprintf(valorStr, "%d", num);

```

```

    while (1) { // Mudança na condição de loop para um loop infinito
que quebra internamente

```

```

        key = Keypad(); // Atualize key dentro do loop
        if (key == '#') {
            break; // Sai do loop se o caractere for '#'
        }
        if (key >= '0' && key <= '9') {
            num = num * 10 + (key - '0');
        }

```

```

        // WriteCmdXLCD(0xC0);
        // putsXLCD(valorStr);
        __delay_ms(200); // Debounce delay
    }
}

```

```

    }
    return num;
}

int limitante() {
    char op;
    int valor;

    WriteCmdXLCD(0x01);
    WriteCmdXLCD(0x80);
    putsXLCD("Carregando");
    __delay_ms(1000);
    WriteCmdXLCD(0x01);

    while(1){
        WriteCmdXLCD(0x80);
        putsXLCD("A-UR B-Ph C-Tc");
        op = Keypad();
        if (op == 'A' || op == 'B' || op == 'C') {
            WriteCmdXLCD(0xC0);
            putsXLCD("Valor:");
            valor = readNumber();
            if (op == 'A') limite_UR = valor;
            if (op == 'B') limite_Ph = valor;
            if (op == 'C') limite_Tc = valor;
            putsXLCD("Atualizado");
            __delay_ms(2000);
            break;
        }
        if(op == '*') break;
        __delay_ms(100);
    }
    return NULL;
}

```

//Principal

```

void main(void) {

    TRISA = 0xFF; // Porta A como entrada
    TRISC = 0x00; // Porta C como saída

    ADCON0bits.ADON = 1; // Liga o módulo ADC
    ADCON1 = 0x0D;
    ADCON2 = 0xA9;

    TRISB = 0b11110000;

    OpenXLCD(FOUR_BIT & LINES_5X7);
    WriteCmdXLCD(0x01);
    __delay_ms(10);
}

```

```

while(1){

    WriteCmdXLCD(0x01);
    umidade = LEADC(3); // Lê e converte o valor do ADC do canal 0
    (umidade)
    temp = LEADC(1); // Lê e converte o valor do ADC do canal 1
    (temperatura)
    ph = LEADC(2); // Lê e converte o valor do ADC do canal 2 (pH)

    umidade = (umidade*100)/1023;
    ph = (ph*14)/1023;
    temp = (temp*30)/1023;
    __delay_ms(2);

    // Buffers para armazenar as strings formatadas
    char umidadeStr[16], phStr[16], tempStr[16];

    // Formata os valores das variáveis em strings
    sprintf(umidadeStr, "%d", umidade);
    sprintf(phStr, "%d", ph);
    sprintf(tempStr, "%d", temp);

    WriteCmdXLCD(0x80);
    putsXLCD ("UR:");
    WriteCmdXLCD(0xC0);
    putsXLCD(umidadeStr);
    WriteCmdXLCD(0xC3);
    putsXLCD ("%");

    WriteCmdXLCD(0x86);
    putsXLCD ("Tc:");
    WriteCmdXLCD(0xC6);
    putsXLCD(tempStr);
    WriteCmdXLCD(0xC8);
    putsXLCD("C");

    WriteCmdXLCD(0x8C);
    putsXLCD ("Ph:");
    WriteCmdXLCD(0xCC);
    putsXLCD(phStr);
    WriteCmdXLCD(0xCF);

    controleAgua(umidade);
    controlePh(ph);
    controleTc(temp);

    if(Keypad() == '*') limitante();

    __delay_ms(500);
}
}

```

REFERÊNCIAS

TUCCI, C. E. M. Drenagem urbana. *Ciência e Cultura*, v. 55, n. 4, p. 36–37, 1 dez. 2003. Acesso em: 18 março. 2024.

RAFIQUZZAMAN, M. **Microcontroller Theory and Applications with the PIC18F**. Wiley, 2011. ISBN 978-0470947694.

GADRE, Dhananjay. **Programming and Customizing the AVR Microcontroller**. McGraw-Hill Education, 2001. ISBN 978-0071346661.

KARLEN, Douglas L.; ANDREWS, Susan S.; DORAN, John W. Soil Quality: Why and How?. *Soil Science Society of America Journal*, v. 65, n. 4, p. 1441-1449, 2001. DOI: 10.2136/sssaj2001.6541441x.

BURT, Roger. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 4.0, U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 2004.

DORAN, John W.; ZEISS, Michael R. Soil Health and Sustainability: Managing the Biotic Component of Soil Quality. *Applied Soil Ecology*, v. 15, n. 1, p. 3-11, 2000. DOI: 10.1016/S0929-1393(00)00067-6.

ARSHAD, Muhammad A.; MARTIN, Shirley. Identifying Critical Limits for Soil Quality Indicators in Agro-Ecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 88, n. 2, p. 153-160, 2002. DOI: 10.1016/S0167-8809(01)00252-3.

BRADY, Nyle C.; WEIL, Ray R. *The Nature and Properties of Soils*. 15. ed. Pearson, 2016. ISBN 978-0133254488.

SPARKS, Donald L. *Methods of Soil Analysis: Part 3 - Chemical Methods*. American Society of Agronomy, 1996. ISBN 978-0891188254.

SCHACHTER, Laura; GRAY, John. *Soil Quality and Soil Management*. CRC Press, 2015. ISBN 978-1498724698.