UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DE COMPUTAÇÃO

SCC0223 Estruturas de Dados – 2º Semestre 2020
Profa. Dra. Elaine Parros M. de Sousa
Estagiária PAE: Eliane Gniech Karasawa

Projeto I : Fecho Convexo

Data de Entrega: **30/10/2020**

Este projeto deverá ser feito em **duplas**. A entrega deverá ser realizada via *run.codes*, fazendo *upload* dos arquivos em "**PROJETO I 30/10"**.

Descrição do Problema

O fecho convexo é um importante problema geométrico definido da seguinte maneira:

"Dado um conjunto de pontos S, o fecho convexo é o polígono convexo de menor área que contém todos os pontos em S."

Para visualizar, imagine que o conjunto de pontos *S* são pregos numa tábua. O fecho convexo é o formato que um elástico tomará após ser esticado para englobar todos os pregos, tocando naqueles mais afastados do centro.

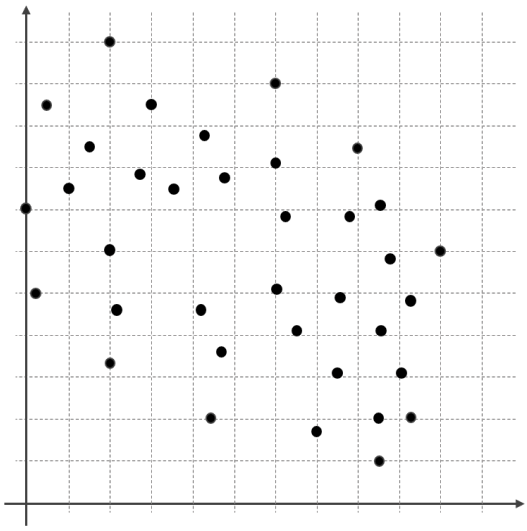


Figura 1. Exemplo de conjunto com 36 pontos

A Figura 1 ilustra um conjunto em um espaço bidimensional com ***n****=36* pontos**.** O fecho convexo para esse conjunto de pontos está ilustrado na Figura 2 e possui ***h****=11* (*h* é a quantidade de pontos do polígono convexo). Os pontos em azul são aqueles que pertencem ao conjunto que compõem o fecho convexo.

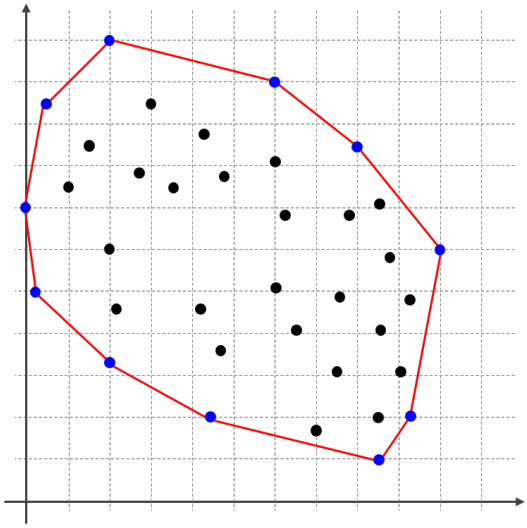


Figura 2. Fecho convexo do conjunto

A determinação do fecho convexo possui inúmeras aplicações relevantes, como identificação e classificação de objetos, medida de similaridade de forma, busca de caminhos, otimização inteira, entre outras.

Objetivo do Trabalho

O trabalho tem como principal objetivo desenvolver um programa para encontrar o fecho convexo para um conjunto *S* com ***n*** pontos, ou seja, encontrar os ***h*** pontos contidos em *S* que compõem o polígono convexo de menor área que engloba todos os pontos de *S*.

O desenvolvimento do trabalho envolve as seguintes atividades principais:

1. Modelar a solução para o cálculo do fecho complexo utilizando **duas** Estruturas de Dados diferentes vistas em aula (até a Aula 11).
2. Desenvolver um algoritmo que encontre o fecho convexo.
3. Implementar a solução em Linguagem C, usando (obrigatoriamente) o conceito de TAD, modularização de código e Makefile para compilação e geração da aplicação executável.
4. Apresentar um gráfico de crescimento de tempo de execução para diferentes tamanhos de entrada.

Essas atividades compõem as 3 partes do trabalho, descritas a seguir.

Parte I – Modelagem da Solução (25% da nota final)

Serão avaliadas a coerência e relevância da solução e respectiva justificativa para os seguintes aspectos:

- Quais Estruturas de Dados e respectivas abordagens de implementação foram escolhidas para modelar o problema? Justifique.
- Quais vantagens e limitações as estruturas/implementações escolhidas apresentam?
- Explique claramente e detalhadamente a lógica utilizada para resolver o problema. Como as estruturas (e respectivas operações básicas) são utilizadas para representar o problema? Qual o algoritmo utilizado para resolver o problema?

Parte II – Implementação (45% da nota final)

Esta parte avalia a estratégia de implementação utilizada. Por isso, serão considerados aspectos como organização e corretude do código, e documentação interna.

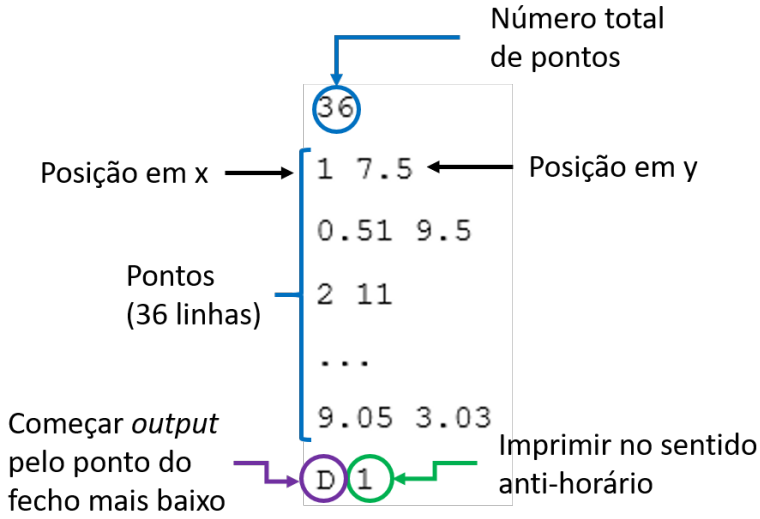
A manipulação das Estruturas de Dados deve ser baseada em **TAD** e o código deve ser escrito em Linguagem C (C99, flag -Wall), compilado com **gcc**. Além disso, sua implementação deve atender os requisitos descritos a seguir.

Entrada do Programa: Serão disponibilizados 3 arquivos de teste que mostram como deverá ser a entrada do programa. A primeira linha dos arquivos indica a quantidade de pontos ***n*** que compõem o conjunto e as n linhas subsequentes contêm as coordenadas dos pontos em *(x, y)*. A última linha indicará o formato de saída, contendo duas informações:

1. Ponto pelo qual deverá ser iniciada a impressão do polígono
    - **L**: ponto mais à esquerda;
    - **R** ponto mais à direita;
    - **D** ponto mais baixo;
    - **U** ponto mais alto.
2. Sentido a ser seguido para impressão do polígono
    - **0** para sentido horário,
    - **1** para sentido anti-horário.

O número de total de pontos será um inteiro variando de 3 a 1.000.000, incluso.

Exemplo da Entrada



O programa deve ler um conjunto de entrada, armazenar os dados e calcular o fecho convexo.

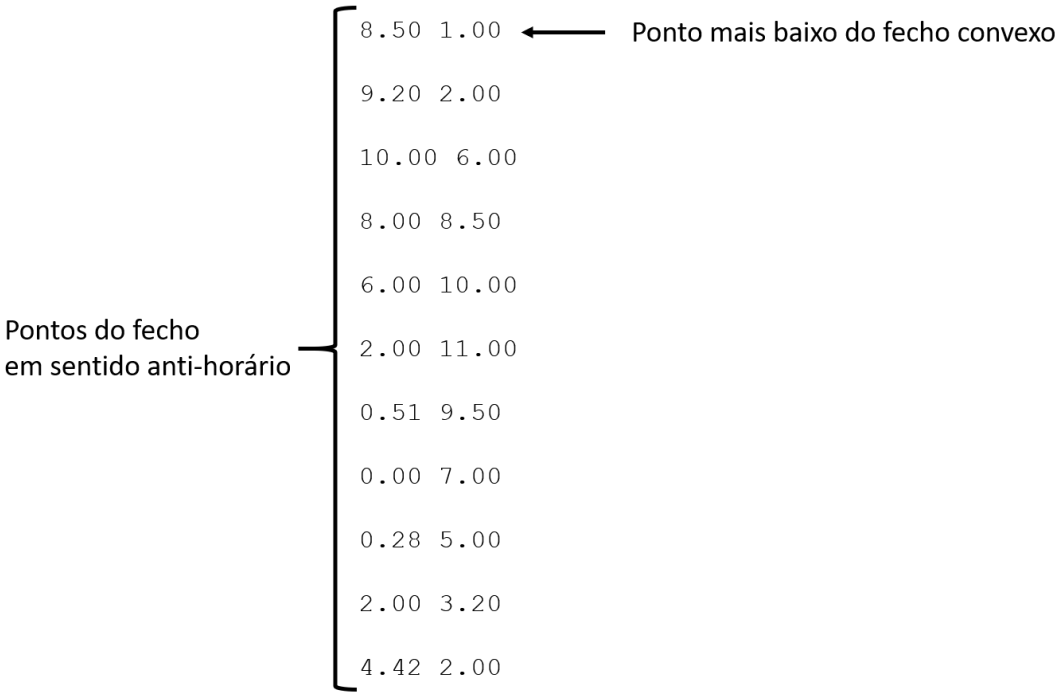
Saída do Programa: O programa deve apresentar como saída:

1. o **maior conjunto** de pontos que compõem o fecho convexo (ou seja, os pontos mínimos necessários e os seus colineares), começando pelo ponto e seguindo pelo sentido informados na última linha da entrada;
2. **percentual de pontos** do conjunto que compõem o fecho convexo.

Todas as saídas devem ser dadas com **duas casas decimais** de precisão.

Caso não seja possível formar o fecho convexo, imprima apenas **ERRO** na saída.

Exemplo de Saída



Considere que, se:

- **L** e existe mais de 1 ponto mais à esquerda, pegar o mais à esquerda mais inferior;
- **R** e existe mais de 1 ponto mais à direita, pegar o mais à direita mais inferior;
- **D** e existe mais de 1 ponto mais baixo, pegar o mais baixo mais à esquerda;
- **U** e existe mais de 1 ponto mais alto, pegar o mais alto mais à esquerda.

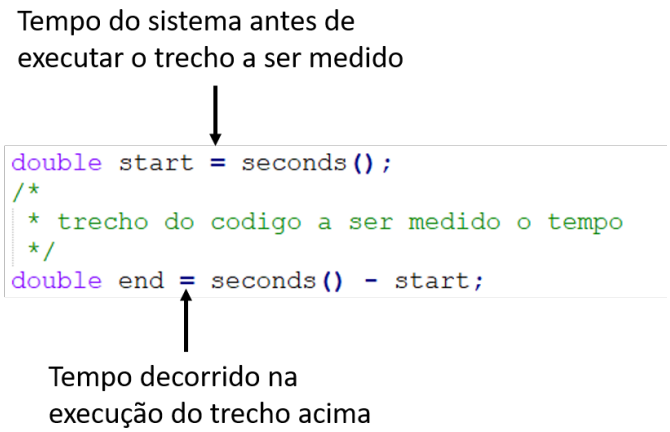
Vale ressaltar que os arquivos de teste fornecidos têm como objetivo apenas apresentar o formato esperado para a entrada de dados e direcionar os testes iniciais. Na correção, seu programa será testado nos conjuntos disponibilizados e em conjuntos diferentes. Portanto, teste seu programa em conjuntos elaborados pelo próprio grupo.

Parte III – Análise de Eficiência e Relatório (30% da nota final)

A principal atividade desta parte é avaliar a eficiência (tempo de execução) do algoritmo implementado por meio de análise de algoritmo (*Big O*) e análise experimental, com gráfico de escalabilidade. Para tanto:

1. Meça o tempo de execução para processamento de, pelo menos, os conjuntos de entrada fornecidos para esse fim (arquivo *teste_grafico.zip*). Use a função *seconds()* do TAD *tempo.h* disponibilizado no Tidia. Contabilize apenas o tempo para encontrar o fecho convexo, ou seja, **desconsidere tempos de entrada/saída**. Para as execuções:
    a. feche qualquer software desnecessário que esteja rodando no computador, a fim de evitar "interferências";
    b. execute pelo menos 5 vezes cada conjunto de dados e use a média do tempos contabilizados.

    Exemplo de como medir o tempo



2. Elabore um gráfico de escalabilidade, que apresenta as medidas de tempo de execução do cálculo do fecho convexo (sem contabilizar leitura da entrada e saída do código) em função do tamanho do conjunto de entrada.

3. Faça a análise de complexidade do algoritmo implementado usando notação Big O (***O( )***). Não é necessário detalhar a função, mas é importante apresentar, em linhas gerais, como "encontrou" a complexidade apresentada.

4. Explique o resultado: relacione o resultado apresentado no gráfico à complexidade computacional (Big O) do algoritmo implementado. Discuta sobre fatores que contribuem para o crescimento do tempo de execução, e melhor e pior.

Entrega do Trabalho

Faça um **relatório** de no máximo **5 páginas** com todas as informações e requisitos apresentados nas Partes I, II e III. Sobre a Parte II, inclua no relatório apenas a informação necessária para compilação e execução do seu programa, indicando quais são os arquivos dos TADs, do programa principal, e demais arquivos criados. Não inclua código no relatório.

O arquivo ***.zip*** contendo o **relatório** (em **pdf**), o **Makefile** e **todo código fonte** necessários para compilar e executar o programa, incluindo arquivos.c (*main* e outros) e arquivos.h deve ser enviado via *run.codes* em **Projeto I – 30/10**. Não serão aceitos/considerados arquivos executáveis.

O trabalho poderá ser entregue até **30/10/2020**, 23:59h. Trabalhos submetidos em datas posteriores à exigida terão 1,0 ponto de desconto por dia de atraso. **Apenas um integrante da dupla precisa submeter o trabalho no *run.codes*.**

Referências

1. Fecho Convexo
   a. *Envoltória Convexa*. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Envolt%C3%B3ria_convexa. Acessado em 30 de setembro de 2020.
   b. *Fecho Convexo 2D*. Disponível em: https://www.ime.usp.br/~freitas/gc/fecho.html. Acessado em 30 de setembro de 2020.
2. Polígono
   a. *Polígono Convexo.* Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%ADgono_convexo. Acessado em 30 de setembro de 2020.

Apêndice Leitura de Arquivo de Entrada

Para executar seu código em casos teste muito grandes, pode ser necessário passar diretamente o arquivo de entrada. Para fazer isso, altere a linha **run** do seu Makefile para

```
./executavel <arquivo_de_entrada
```