

31642-8

FL
1995

AMBIENTE PARA ESTUDO DE FRACTAIS
RELATÓRIO DE PROJETO

POR

Sílvia Delgado Olabarriaga
Fernando da Silveira Montenegro

RP nº 142

Janeiro 1991

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
Av. Osvaldo Aranha, 99
90.210 - Porto Alegre - RS - BRASIL
Telefone: (0512) 271999
Telex: (051) 2680 - CCUF BR
FAX: (0512) 244164
E-MAIL: PGCC@sbu.ufrgs.anrs.br

Correspondência: UFRGS-CPGCC
Caixa Postal 1501
90001 - Porto Alegre - RS - BRASIL

E-MAIL da autora: silvia@sbu.ufrgs.anrs.br



UFRGS

SABi



05234511

RESUMO

Este relatório apresenta o desenvolvimento do projeto "Ambiente para Estudo de Fractais" no Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O sistema "Fractal", parte do resultado do trabalho desenvolvido, pode ser obtido com os autores.

ABSTRACT

This report presents the activities of the project "Environment for Studying Fractals" developed at the Computer Science Institute of the Federal University of Rio Grande do Sul at Porto Alegre. The "Fractal" system, part of the results obtained by this work, can be asked to the authors.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conjunto de Julia	11
Figura 2 - Tela de ajuda para opção de geração de Conjuntos de Julia	12
Figura 3 - Biomorfo	15
Figura 4 - Biomorfo	15

SUMÁRIO

1. Introdução	5
2. Histórico	6
3. Equipe	6
4. Ambiente de trabalho	6
5. O sistema Fractal	7
5.1 Estrutura	7
5.2 Interface com o usuário	8
5.3 Comandos do sistema	8
5.3.1 O sistema de ajuda	9
5.4 O módulo MAND_ROT	9
6. Atividades	9
6.1 Previsão inicial	9
6.2 Atividades efetivamente desenvolvidas	10
6.2.1 Mudança dos valores iniciais de pesquisa	10
6.2.2 Geração dos Conjuntos de Julia	11
6.2.3 Inclusão do sistema de ajuda "on-line"	11
6.2.4 Biomorfos	13
7. Conclusões	16
BIBLIOGRAFIA	16

1. Introdução

Nos dias de hoje é crescente o interesse por fractais, não só no domínio da Computação Gráfica, como também em outras áreas.

Fractais estão inseridos em Computação Gráfica na área que trata da modelagem de objetos com formato irregular. Montanhas e nuvens são exemplos de objetos naturais cuja irregularidade pode ser modelada por meio de perturbações fractais /Hearn 86/. A característica fundamental de um fractal é a auto-repetibilidade: o formato básico é repetido infinitas vezes para construir o todo; a irregularidade da forma continua sendo observada mesmo que o objeto seja visto em pormenor. Essa característica é importante para que a qualidade da imagem seja constante, independentemente da distância a partir da qual o objeto é visualizado.

Não só em Computação Gráfica utiliza-se fractais para modelar objetos: uma área emergente da Física, bastante discutida atualmente, prega que o mundo natural é um "caos ordenado" /Gleick 89/. Segundo esta nova teoria, a natureza é regida por equações matemáticas; nenhum fenômeno é "imprevisível" ou "aleatório". Tais equações têm, entretanto, uma peculiaridade: apresentam grandes diferenças de resultado para muito pequenas variações nos parâmetros de entrada, o que dá a impressão de "aleatoriedade" a um observador menos atento. Estas equações devem ser aplicadas repetidamente e, nesse ponto, inserem-se os fractais (auto-repetibilidade).

Ao mesmo tempo em que o conceito pode ser usado para modelagem, fractais são "equações" que podem ser simplesmente visualizadas em cores, na tela de um computador. As imagens produzidas são bastante atraentes pela complexidade e colorido, tendo sido frequentemente apontadas como de elevado conteúdo estético.

Considerando-se a aplicabilidade de fractais em diversas áreas (Computação Gráfica, Física e Artes), tornou-se importante desenvolver o assunto em nosso ambiente de pesquisa. O objetivo deste projeto foi o de montar um ambiente capaz de propiciar a exploração de fractais, facilitando sua visualização por meio de programa gráfico e interativo. A compreensão através de visualização é mais rápida do que a análise das equações e, sem dúvida, facilita significativamente a divulgação e aplicação de fractais nas áreas mencionadas.

2. Histórico

O primeiro trabalho acerca de fractais foi realizado no Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação da UFRGS em 1989 /Osório 89/. Na ocasião foi desenvolvido um programa para visualização de fractais de diversos tipos em microcomputadores compatíveis com a linha IBM-PC. O programa interage com o usuário por meio de menus para escolha de comandos, e indaga os parâmetros para geração dos fractais através de interface textual. Por motivos diversos, algumas das opções não foram completamente implementadas na primeira versão do programa, como textos de ajuda e fractais tridimensionais.

Decidiu-se, então, iniciar o projeto pela retomada do referido programa. Dois objetivos seriam assim perseguidos: a finalização (e até mesmo aperfeiçoamento) do programa já existente, assim como contato inicial com fractais pelos integrantes da equipe.

Numa etapa posterior, que não foi prevista inicialmente, foram desenvolvidos programas para a visualização de outros tipos de fractais, não tão populares como os implementados no programa original, os "biomorfos" e conjuntos de Julia.

3. Equipe

A equipe que desenvolveu o projeto foi composta de duas pessoas:

Fernando da Silveira Montenegro, aluno do Bacharelado em Ciências de Computação da UFRGS. Desenvolveu programas para o ambiente IBM-PC e implementou os biomorfos.

Sílvia Delgado Olabarriaga, professora do Departamento de Informática Aplicada do Instituto de Informática da UFRGS. Responsável pelo projeto, desenvolveu parte dos programas para ambiente de workstation.

O projeto foi apoiado pela Pró-Reitoria de Extensão da UFRGS com a concessão de uma Bolsa de Extensão no período de junho a dezembro de 1990.

4. Ambiente de trabalho

Os laboratórios utilizados para o desenvolvimento do projeto foram o Laboratório de Recursos Computacionais do Instituto

de Informática da UFRGS e os Laboratórios de Software do Curso de Pós-Graduação em Ciências da Computação da UFRGS.

Os computadores utilizados durante o projeto foram essencialmente microcomputadores compatíveis com o IBM PC-XT e com o IBM PC-AT. Na parte final do projeto, também foram utilizados microcomputadores compatíveis com o IBM PC-AT 386 e estações de trabalho Sun (Sun SPARCStation 1) e Hewlett-Packard (HP9835 com Turbo SRX, emprestada pela EDISA Informática durante 2 semanas).

A linguagem de programação utilizada foi a linguagem C. Os programas desenvolvidos durante o projeto foram feitos de maneira a possibilitar execução em ambiente de workstation ou PC.

O programa utilizado como base do trabalho foi o sistema "Fractal" (ver capítulo 5), desenvolvido pelo aluno Fernando dos Santos Osório, como trabalho individual do Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação da UFRGS /Osório 89/. Este programa foi desenvolvido em Turbo C e utiliza o pacote gráfico do projeto SID-Microeletrônica para interface com o usuário.

5. O sistema Fractal

5.1 Estrutura

O código fonte do sistema Fractal é dividido em 14 módulos, que são os seguintes:

```
CONINPUT.C
DRAGON.C
FRAC_2D.C
FRAC_MED.C
GRAFICO.C
GRAF_BAS.C
IMPR.C
MAND_ROT.C
MENUFRAC.C
SD_MENU.C
SD_MOUSE.C
SD_STAT.C
SHELP.C
TURK.C
```

Os módulos CONINPUT, GRAFICO, GRAF_BAS, IMPR, MENUFRAC, SD_MENU, SD_MOUSE, ST_STAT e SHELP têm por finalidade implementar a interface com o usuário no mesmo formato usado no projeto SID-Microeletrônica. Os demais módulos são usados na geração da imagem dos fractais oferecidos pelo sistema:

DRAGON: fractais descritos por gramáticas simples

FRAC_2D e FRAC_MED: fractais descritos por subdivisões de retas 2D no ponto médio
MAND_ROT: conjuntos de Mandelbrot e Julia (ver item 5.4)
TURK : fractais de Turk

5.2 Interface com o usuário

O sistema Fractal utiliza a interface gráfica desenvolvida no projeto SID-Microeletrônica. Esta interface, baseada em menus hierárquicos, divide a tela gráfica em quatro partes:

- a) área de menus
- b) área de mensagens
- c) área de informações
- d) área de desenho

A área de menus, no canto direito da tela, mostra as opções de comandos disponíveis ao usuário, que podem ser selecionadas movendo o cursor até elas ou pressionando uma combinação de teclas (<Alt> + Inicial).

A área de mensagens ocupa três linhas na parte inferior da tela; é por esta área que o sistema fornece as mensagens e recebe entradas do usuário, sob a forma de texto.

O sistema utiliza o canto inferior direito da tela para a área de informações. Nesta área da tela é informada a versão do sistema e a posição do cursor gráfico na tela.

O restante da tela é utilizado como área de desenho, onde o sistema mostra o resultado da opção escolhida pelo usuário.

5.3 Comandos do sistema

O sistema Fractal pode ser utilizado através do teclado ou do mouse. Para utilização com mouse, o usuário deve especificar esta opção através do programa INSTALL, que deve ser executado antes de entrar no sistema Fractal.

Para a utilização por teclado, o usuário tem as seguintes opções:

- Para selecionar um item: (a) mover o cursor até o item utilizando as setas ou (b) pressionar a combinação de teclas <Alt> + código da opção;
- Para interromper uma tarefa ou voltar um nível de hierarquia nos menus: pressionar a tecla <Esc>;
- Para demarcar janelas na área de desenho: mover o cursor até o ponto desejado e pressionar <Enter>;
- Para ativar o sistema de ajuda on-line: pressionar tecla <F1>.

5.3.1 O sistema de ajuda

O sistema Fractal oferece um texto de ajuda para consulta on-line. Para acessar tal ajuda, pressiona-se a tecla <F1>.

O texto de ajuda é, originalmente, um texto em ASCII que é processado por um programa auxiliar chamado "HIPIND". O HIPIND gera um índice que será usado pelo módulo SHELF do sistema Fractal para determinar como o texto de ajuda será mostrado na tela.

5.4 O módulo MAND_ROT

Os conjuntos de Mandelbrot e Julia são gerados pelo módulo MAND_ROT. Como os dois tipos de conjuntos apresentam um processo de geração muito semelhante, foi possível incluir a geração dos conjuntos de Julia no mesmo módulo do Mandelbrot.

A geração dos conjuntos de Mandelbrot e Julia ocorre da seguinte forma: cada ponto do domínio é submetido ao processo iterativo $z_n = z_{n-1}^2 + c$, onde z e c são números complexos. A iteração ocorre um número pré-determinado de vezes ou até que o módulo de z torne-se maior do que 2. A cor do ponto é determinada em função do número de iterações que foram realizadas. A diferença entre os dois tipos de fractal é a seguinte: na geração do conjunto de Mandelbrot o valor de "z" é fixo, enquanto no conjunto de Julia fixa-se o valor de "c".

6. Atividades

6.1 Previsão inicial

O projeto inicial seria desenvolvido em 7 meses, a partir de julho de 1990, e envolveria as seguintes tarefas:

- levantamento bibliográfico;
- estudo da linguagem C e a teoria dos fractais;
- utilização do sistema "Fractal" visando avaliação das técnicas interativas;
- estudo do programa sob o ponto de vista de implementação;
- especificação das mudanças a serem feitas;
- implementação das mudanças;
- confecção do relatório das atividades.

6.2 Atividades efetivamente desenvolvidas

O estudo da linguagem C foi feito entre os meses de junho e julho de 1990. A bibliografia utilizada foi /Kelley 84/ e /Kelly-Boothe 89/.

Livros e artigos de revistas foram usados para o estudo da teoria dos fractais: /Gleick 87/, /Peitgen 86/, /Peitgen 88/, /Dewdney 85/, /Dewdney 87/.

O período de utilização do sistema Fractal foi reduzido, devido à pouca disponibilidade de equipamento adequado para sua execução (IBM-AT 386). As atividades deste período consistiram basicamente de utilizar os vários recursos do programa na geração de fractais, explorando os valores dos parâmetros e estudando possíveis melhorias. Durante este período, houve auxílio do autor do programa, Fernando dos Santos Osório.

A partir desta etapa do projeto, as mudanças eram implementadas logo que eram identificadas. A maioria das mudanças ocorreram na parte do programa que gera os fractais quadráticos (Conjunto de Mandelbrot e Conjuntos de Julia): o módulo MAND_ROT. Basicamente, as modificações foram as seguintes:

- alteração dos parâmetros iniciais do Conjunto de Mandelbrot (ver item 5.2.1)
- inclusão da opção para geração de Conjuntos de Julia (ver item 5.2.2)
- inclusão um sistema de ajuda "on-line" (ver item 5.2.3)

Durante o período em que tais atividades foram desenvolvidas, tomou-se conhecimento dos fractais "biomorfos" /Dewdney 89/. Como a aparência dos mesmos era bastante diversa dos usuais conjuntos de Mandelbrot e Julia, sua implementação foi iniciada após a conclusão das demais tarefas (ver item 5.2.4).

6.2.1 Mudança dos valores iniciais de pesquisa

A primeira modificação foi introduzida nos valores iniciais de geração do Conjunto de Mandelbrot. Os valores antigos instruíam o programa a gerar o conjunto na área do plano complexo situada entre -2 e +2 reais e -1.5 e +2.5 imaginários. Isto resultava em grande consumo de tempo para o cálculo de pontos sem importância para o resultado final. A área inicial foi alterada para -2.5 e +0.5 reais e -1.5 e +1.5 imaginários; desta forma, a área pesquisada fica menor e não se perde detalhes do fractal de Madelbrot.

6.2.2 Geração de Conjuntos de Julia

Conjuntos de Julia são fractais quadráticos muito semelhantes aos de Mandelbrot no que diz respeito ao processo de geração. Sendo assim, um programa gerador de Mandelbrot pôde ser facilmente modificado para também gerar Conjuntos de Julia. Incluiu-se a opção de gerar conjuntos de Julia no sistema Fractal, utilizando a mesma técnica de interação para determinação de parâmetros usada pelos demais comandos do programa.

A figura 1 mostra um conjunto de Julia gerado numa tela de recursos gráficos limitados (CGA): 640X200, 2 cores.

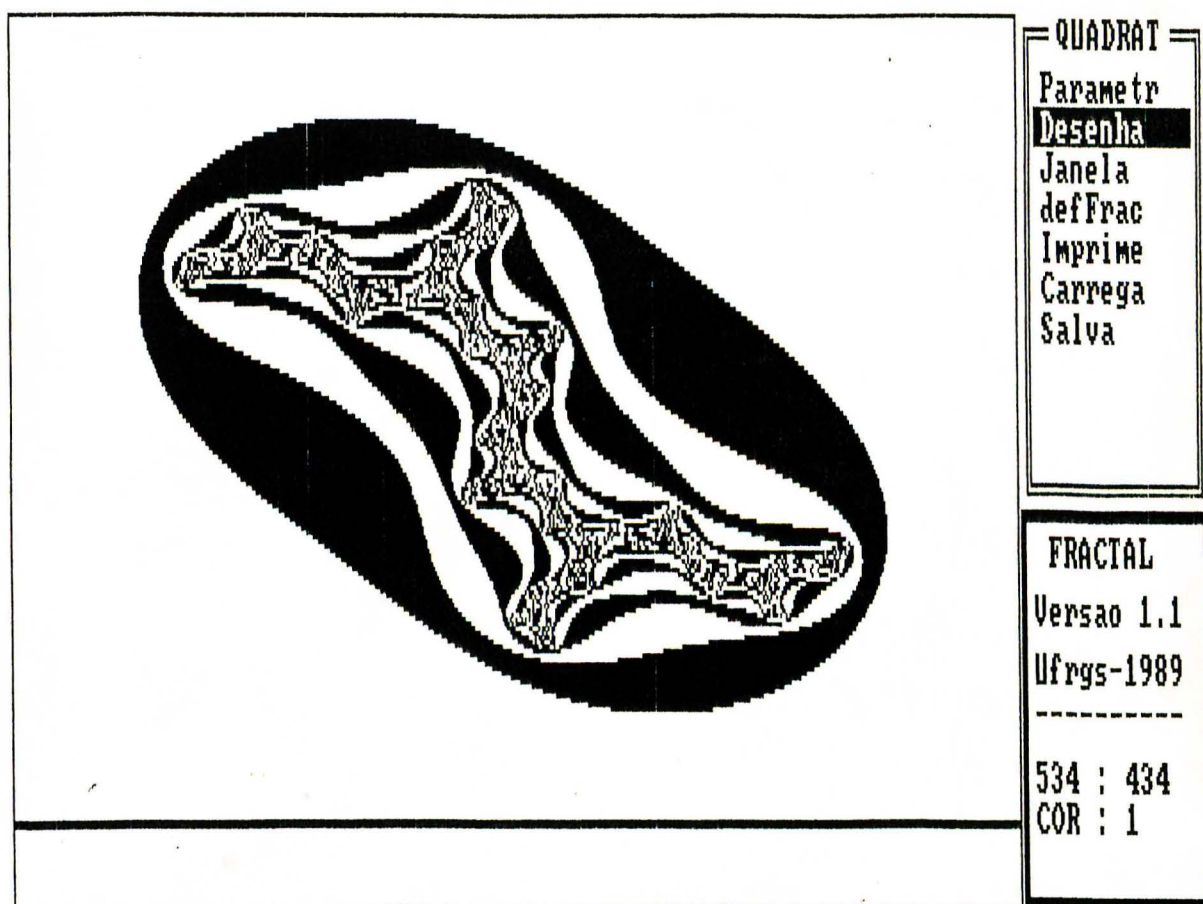


Figura 1 - Conjunto de Julia

6.2.3 Inclusão de um sistema de ajuda "on-line"

O sistema Fractal utiliza o pacote gráfico do projeto SID-Microeletrônica para implementar a interface com o usuário.

Este pacote possui funções para implementação de ajuda "on-line": o texto é armazenado num arquivo criado com editores comuns e indexado pelo programa "HIPIND". A função de ajuda é ativada pela tecla <F1> e acarreta a exibição do texto correspondente à função selecionada no momento.

A partir de um texto antigo, foi gerado novo texto, mais detalhado, já incluindo ajuda para a nova opção de geração dos conjuntos de Julia. Alguns problemas foram detectados no funcionamento do programa HIPIND e solucionados por modificações no próprio arquivo de texto.

A figura 2 mostra um exemplo das telas de ajuda implementadas.

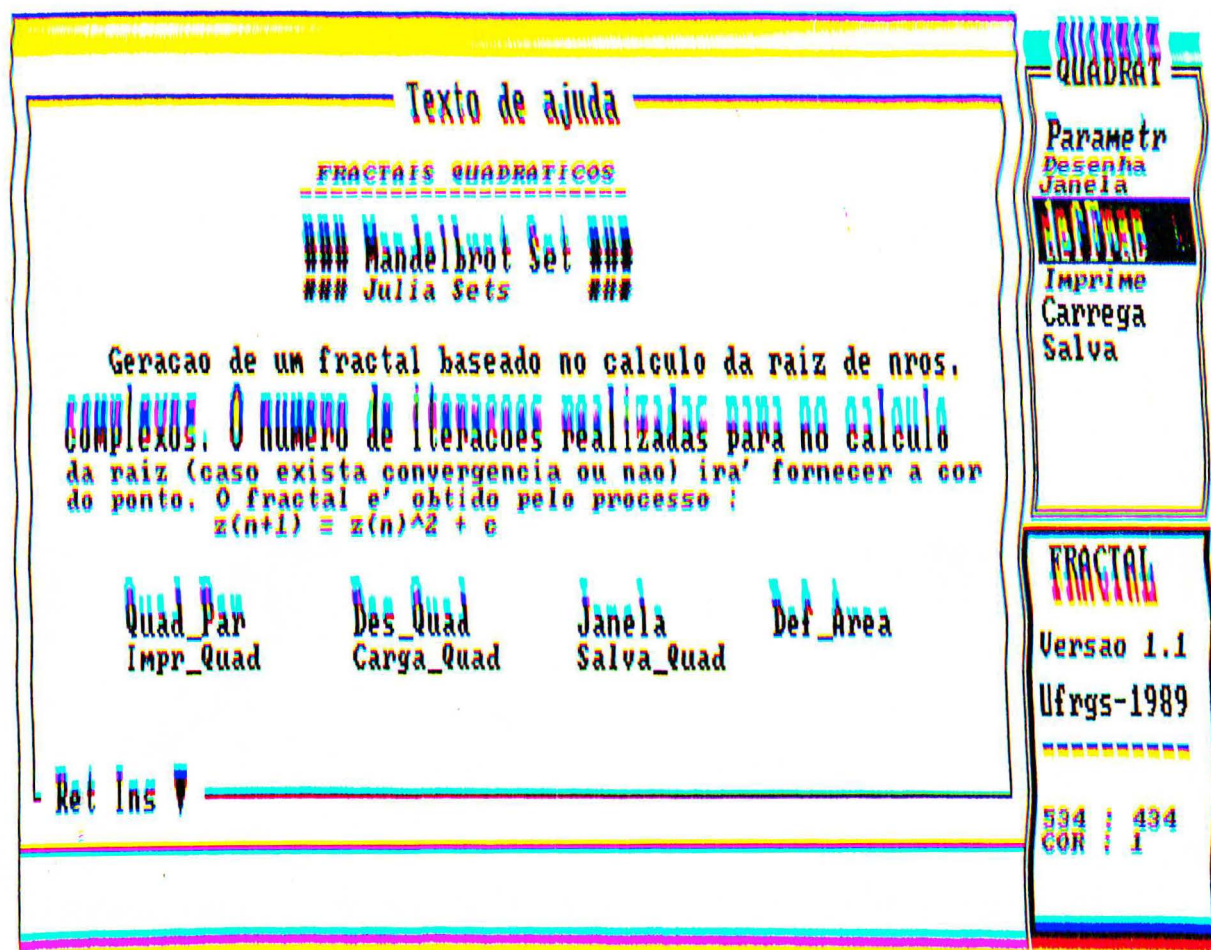


Figura 2 - Tela de ajuda para a opção de geração de Conjuntos de Julia

6.2.4 Biomorfos

Nesta última parte do projeto, foi abandonado o sistema Fractal e o ambiente IBM-PC. A geração de biomorfos, fractais semelhantes aos conjuntos de Julia, foi executada nas estações de trabalho Sun e Hewlett-Packard.

Partindo de um algoritmo apresentado por Dewdney /Dewdney 89/ e de um programa já existente para a geração de conjuntos de Julia na Sun, foi desenvolvido o programa BIOMORFOS para gerar biomorfos coloridos. O programa JULIA, para geração de Conjuntos de Julia é de autoria de Gilberto Marchioro, que também solucionou dúvidas a respeito do ambiente de trabalho Sun.

Uma vez funcionando em Sun, a versão inicial do programa BIOMORFOS foi transportada para HP sem muita dificuldade, pois ambas as workstations fornecem ambiente Unix e linguagem C. Este programa sofreu diversas modificações, que exigiram sua recodificação. As características do programa final são descritas a seguir:

a) lê um arquivo de texto contendo parâmetros para a geração do fractal:

- tipo de fractal, assim codificado:

$$1: f(z) = z^3 + c$$

$$2: f(z) = z^5 + c$$

$$3: f(z) = z^6 + c$$

$$4: f(z) = \sin(z) + z^2 + c$$

- domínio: limites numéricos da área a ser pesquisada para geração do fractal;

- "c": constante imaginária ($p + qi$) a ser usada na geração do fractal;

- nome do arquivo contendo as cores a serem usadas para cada nível de iteração (opcional);

- resolução da tela (opcional: $\langle x \rangle \langle y \rangle$).

Abaixo apresenta-se um exemplo de arquivo, contendo os parâmetros para a geração do fractal da figura 3:

```
TIPO=1
JANELA_X = -2.0 2.0
JANELA_Y = -2.0 2.0
P_Q = 0.5 0.0
PALETTE = f1-1.pal
```

b) desenha o fractal utilizando uma técnica que permite visualização mais rápida. A imagem é gerada de forma "entrelaçada", através de múltiplas passagens sobre a

tela. A cada passagem, apenas alguns pontos são calculados e desenhados, gerando uma imagem esparsa do fractal. A medida que mais passagens são feitas, mais nítida torna-se a imagem. Desta maneira, é possível obter uma idéia aproximada da imagem final com rapidez e cancelar a operação se o resultado não for de interesse do usuário;

c) o cálculo da cor de cada ponto é feito da seguinte forma: a função correspondente ao tipo de fractal é aplicada recursivamente sobre cada ponto do domínio estabelecido; a cor é determinada segundo o número de iterações necessárias para que o valor de "z" atinja uma das seguintes condições:

- módulo da parte real de $z > 10$
- módulo da parte imaginária de $z > 10$
- módulo de $z > 10$

Para otimização do programa foram utilizados os valores de z o quadrado e "100" nas comparações; assim eliminou-se o cálculo do valor absoluto.

d) permite a modificação das cores do fractal por meio de diais (dial-box, dispositivo de entrada disponível na HP com TurboSRX). Inicialmente, as cores utilizadas são as contidas no arquivo especificado (ou de um conjunto de cores "default"). Em paralelo à geração do desenho, o usuário pode escolher o índice da cor que deseja modificar pressionando uma tecla do teclado programável. A partir de então são ativados três diais que possibilitam a regulagem das intensidades de vermelho, verde e azul para a composição da cor;

e) permite o salvamento das cores finais do desenho em arquivo que pode ser usado em execuções posteriores do programa.

As figuras 3 e 4 foram geradas utilizando o programa BIOMORFOS.

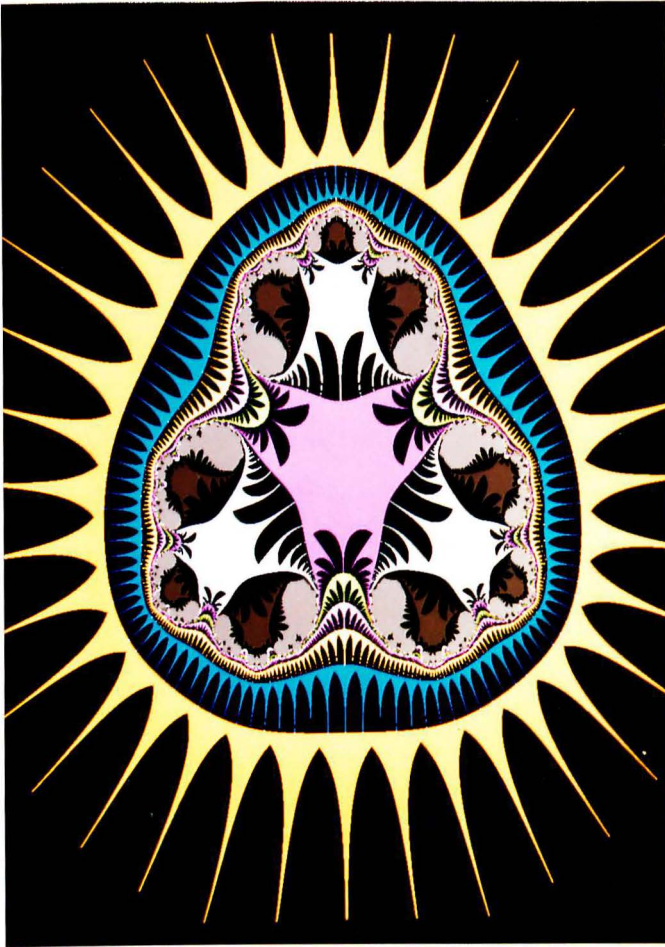


Figura 3

Biomorfo gerado com os seguintes parâmetros:

Tipo: 1

Limites:
(-2.0,-2.0),(2.0,2.0)

C: 0.5

Figura 4

Biomorfo gerado com os seguintes parâmetros:

Tipo: 4

Limites:
(-5.0,-5.0),(5.0,5.0)

C: 0.5



7. Conclusões

Cabe salientar que o programa BIOMORFOS deixa muito a desejar em termos de interface homem-máquina. Seu desenvolvimento deve ser retomado para permitir maior facilidade de uso e conseqüente exploração dos fractais biomorfos para a geração de imagens com elevado conteúdo estético. Esta retomada está prevista dentro do projeto "Computador e Arte" atualmente em desenvolvimento no Instituto de Informática.

Bibliografia

- /Dewdney 89/ Dewdney A. A computer microscope zooms in for a look at the most complex object in mathematics. Scientific American, 254(8):8-12, Aug. 1985.
- /Dewdney 89/ Dewdney A. Beauty and profundity: the Mandelbrot Set and a flock of its cousins called Julia Sets. Scientific American, 257(11):140-4, Nov. 1987.
- /Dewdney 89/ Dewdney A. Computer Recreations. Scientific American, 261(7):92-5, Jul. 1989.
- /Gleick 87/ Gleick J. Caos: a criação de uma nova ciência. Campus, 1987.
- /Hearn 86/ Hearn D. & Baker P. Computer Graphics. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1986.
- /Kelley 84/ Kelley A. A Book on C: An introduction to programming in C. Menlo Park, Benjamin-Cummings, 1984.
- /Kelly-Boothe 89/ Kelly-Boothe S. Dominando o Turbo C. Rio de Janeiro, Ciência Moderna, 1989.
- /Osório 89/ Osório F. Estudo sobre Fractals. Porto Alegre, CPGCC-UFRGS, 1989.
- /Peitgen 88/ Peitgen H., Richter P. The Beauty of Fractals. Heidelberg, Springer-Verlag, 1986.
- /Peitgen 88/ Peitgen H., Saupe D. The Science of Fractal Images. Heidelberg, Springer-Verlag, 1988.