



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS**  
**BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**ELABORAÇÃO AUTOMATIZADA DE GRADE DE HORÁRIOS COM O**  
**SOFTWARE LIVRE FET: UM ESTUDO DE CASO NO CURSO DE SISTEMAS DE**  
**INFORMAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE**

**RIO BRANCO**

**2019**

**ISABELE BARBOSA DA SILVA**

**ELABORAÇÃO AUTOMATIZADA DE GRADE DE HORÁRIOS COM O  
SOFTWARE LIVRE FET: UM ESTUDO DE CASO NO CURSO DE SISTEMAS DE  
INFORMAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE**

Monografia apresentada como exigência parcial para obtenção do grau de bacharel em Sistemas de Informação da Universidade Federal do Acre.

Prof. Orientador: Luiz Augusto Matos da Silva, Dr.

**RIO BRANCO**

**2019**

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**ISABELE BARBOSA DA SILVA**

### **ELABORAÇÃO AUTOMATIZADA DE GRADE DE HORÁRIOS COM O SOFTWARE LIVRE FET: UM ESTUDO DE CASO NO CURSO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE**

Esta monografia foi apresentada como Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da Universidade Federal do Acre, sendo aprovada pela banca constituída pelo professor orientador e membros abaixo mencionados.

Compuseram a banca:

---

Prof. Dr. Luiz Augusto Matos da Silva (Orientador)  
Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação

---

Prof. Dra. Catarina de Souza Costa  
Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação

---

Prof. Dr. Olacir Rodrigues Castro Junior  
Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação

Rio Branco, 15 de Março de 2019.

Dedico este trabalho à minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pelo amparo em tempos de angústia, em que somente a Sua Figura trouxe calma e bom ânimo que não me deixaram desistir.

À minha saudosa avó Doralice (em sua memória), que foi um verdadeiro anjo na minha vida, sendo meu pai e minha mãe por toda a minha infância; que foi e é a minha maior referência de bondade, generosidade e honestidade nesta terra.

À minha mãe Maria, por ter me dado uma nova chance na vida. Tenho certeza que sem a sua providência e paciência, eu não teria chegado até aqui.

À minha companheira de todas as horas, minha amada esposa Raquel Mércia, que não mediu esforços para me apoiar e me motivar durante todos esses anos; que é meu maior exemplo de esforço, dedicação e perseverança; que me fez entender que as recompensas são proporcionais ao nosso esforço.

Ao Prof. Dr. Luiz Augusto Matos da Silva, por aceitar meu tardio pedido de orientação, pela paciência e grande contribuição para a conclusão deste trabalho.

À Prof. Dra. Catarina de Souza Costa, pela gentileza em ajudar com suas sugestões.

À queridíssima Maria do Socorro, popular Socorro, por sua infinita boa vontade e paciência em ajudar.

A todos que direta ou indiretamente me deram suporte ao longo dessa caminhada: parentes, amigos e colegas de graduação, em especial ao queridíssimo colega Alan Cordeiro, pela sugestão do tema dessa pesquisa, pela paciência e boa vontade em compartilhar ideias acerca das possibilidades de desenvolvimento; ao colega Jhonatan Santos, que tanto me ajudou na reta final do curso, compartilhando seus conhecimentos em programação; e às colegas Juliana Abreu e Cleyciane Farias pelo suporte na disciplina de TESI II.

“Se você não pode explicar algo de forma simples,  
então você não entendeu muito bem o  
que tem a dizer.” - Albert Einstein

## RESUMO

A elaboração de grades horárias é uma tarefa inerente ao início de todo semestre letivo de Instituições de Ensino. Apesar de corriqueira, essa tarefa representa um grande desafio, tendo em vista a dificuldade de conciliar todos os elementos que constituem uma aula (professores, alunos, tempo, salas), de modo a respeitar as restrições e limitações de cada um. Em termos de complexidade computacional, essa tarefa é classificada como um problema NP-difícil, devido ao grande número de variáveis a serem consideradas e combinadas para se chegar a uma boa solução. No curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da Universidade Federal do Acre, essa tarefa é realizada de forma manual, o que por sua vez demanda muito tempo e esforço cognitivo. Desse modo, este trabalho buscou demonstrar os ganhos através da automatização do processo de elaboração das grades horárias por meio da utilização do software livre FET. Para tanto foram realizadas pesquisas bibliográficas acerca do *Timetabling Problem*; foi realizado um estudo comparativo entre alguns sistemas geradores de grades horárias; foram elaboradas grades horárias de forma automatizada utilizando o FET; foi realizado um estudo comparativo entre os resultados do processo automatizado e manual; e por fim, foi realizada a análise dos resultados, onde constatou-se que a elaboração de grades horárias com a utilização do FET se mostrou mais eficiente que pelo método manual.

**Palavras-chave:** Elaboração de grades horárias. *Timetabling Problem*. FET. Automatização.

## ABSTRACT

The elaboration of timetables is an inherent task at the beginning of every teaching semester of Teaching Institutions. Although it is usual, this task represents a great challenge, given the difficulty of reconciling all the elements that constitute a class (teachers, students, time, rooms), in order to respect the restrictions and limitations of each one. In terms of computational complexity, this task is classified as an NP-difficult problem, due to the large number of variables to be considered and combined to arrive at a good solution. In the course of Bachelor of Information Systems of the Federal University of Acre, this task is performed manually, which in turn demands a lot of time and cognitive effort. Thus, this work investigated the gains through the automation of the process of elaboration of timetables through the use of the free software FET. For that, bibliographical researches about Timetabling Problem; a comparative study was carried out between some systems generating timetables; timetables were elaborated using FET; a comparative study was carried out between the results of the automated and manual process; and finally, the analysis of the results was performed, where it was found that the elaboration of timetables using FET was more efficient than the manual method.

**Key-words:** Timetables elaboration. *Timetabling Problem*. FET. Automation.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 1 - ETAPAS DA METODOLOGIA. ....                         | 17 |
| FIGURA 2 - RESOLUÇÃO DE UMA FUNÇÃO FATORIAL. ....              | 25 |
| FIGURA 3 - TELA INICIAL DO SISTEMA ASC TIMETABLES. ....        | 27 |
| FIGURA 4 - TELA INICIAL DO SISTEMA CRONOS. ....                | 29 |
| FIGURA 5 - TELA INICIAL DO SISTEMA HORÁRIO FÁCIL. ....         | 30 |
| FIGURA 6 - INTERFACE INICIAL DO FET.....                       | 31 |
| FIGURA 7 - ÍNDICE DE DESEMPENHO DO SISTEMA HORÁRIO FÁCIL. .... | 36 |
| FIGURA 8 - ETAPAS DO FET PARA ELABORAÇÃO DE GRADES HORÁRIAS. . | 38 |
| FIGURA 9 - OPÇÕES DE TRABALHO DO FET. ....                     | 40 |
| FIGURA 10 - CADASTRO DE DADOS INSTITUCIONAIS. ....             | 42 |
| FIGURA 11 - CADASTRO DE DISCIPLINAS. ....                      | 43 |
| FIGURA 12 - CADASTRO DE PROFESSORES. ....                      | 43 |
| FIGURA 13 - CADASTRO DE TURMAS.....                            | 44 |
| FIGURA 14 - CADASTRO DE AULAS.....                             | 45 |
| FIGURA 15 - LISTA DE AULAS ADASTRADAS. ....                    | 46 |
| FIGURA 16 - LISTA DE RESTRIÇÕES PARA PROFESSORES. ....         | 48 |
| FIGURA 17 - CADASTRO DE RESTRIÇÕES DO TIPO RÍGIDA. ....        | 49 |
| FIGURA 18 - CADASTRO DE RESTRIÇÕES DO TIPO LEVE. ....          | 50 |
| FIGURA 19 - CADASTRO DE DISCIPLINAS EM OFERTA ESPECIAL.....    | 52 |
| FIGURA 20 - GERAÇÃO DA GRADE HORÁRIA.....                      | 53 |
| FIGURA 21 - GRADE HORÁRIA INDIVIDUAL.....                      | 53 |
| FIGURA 22 - GRADES HORÁRIAS EM HTML.....                       | 54 |
| FIGURA 23 - PERSONALIZAÇÃO DA GRADE EM CSS.....                | 55 |
| FIGURA 24 - ÍNDICES DE DESEMPENHO DO FET.....                  | 56 |
| FIGURA 25 - LISTA DE RESTRIÇÕES QUEBRADAS.....                 | 57 |

## LISTA DE QUADROS

|  |    |
|--|----|
| QUADRO 1- COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS COM BASE NAS SUAS CARACTERÍSTICAS.....        | 34 |
| QUADRO 2 - TEMPO MÉDIO GASTO POR CADA SISTEMA PARA A GERAÇÃO DE GRADES HORÁRIAS..... | 35 |
| QUADRO 3 - BLOCO DE HORÁRIOS POR DIA. ....   | 41 |
| QUADRO 4 - RELAÇÃO DO NÚMERO DE AULAS POR CARGA HORÁRIA. ....                        | 45 |
| QUADRO 5 - COMPARAÇÃO ENTRE OS PROCESSOS MANUAL E AUTOMATIZADO. ....                 | 58 |

## LISTAS DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| TABELA 1 - CUSTO MÉDIO ANUAL DE UM ALUNO DA UFAC. .... | 51 |
|--|----|

## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b>   | <b>13</b> |
| 1.1      | JUSTIFICATIVA DA PESQUISA   | 15        |
| 1.2      | OBJETIVOS DA PESQUISA   | 15        |
| 1.2.1    | Geral   | 15        |
| 1.2.2    | Específicos   | 15        |
| 1.3      | METODOLOGIA   | 16        |
| 1.4      | ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA   | 17        |
| <b>2</b> | <b>O PROBLEMA DE ELABORAÇÃO DE GRADES HORÁRIAS</b>                  | <b>19</b> |
| 2.1      | TÉCNICAS DE ALGORITMOS EXATOS OU DE PROGRAMAÇÃO INTEIRA             | 21        |
| 2.2      | TÉCNICAS DE ALGORITMOS HEURÍSTICOS E METAHEURÍSTICOS                | 22        |
| <b>3</b> | <b>SOFTWARES GERADORES DE GRADES HORÁRIAS</b>                       | <b>26</b> |
| 3.1      | ASC TIMETABLES  | 27        |
| 3.2      | CRONOS  | 28        |
| 3.3      | HORÁRIO FÁCIL   | 30        |
| 3.4      | FET   | 31        |
| 3.5      | ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SOFTWARES GERADORES DE GRADES HORÁRIAS | 32        |
| <b>4</b> | <b>ESTUDO DE CASO</b>   | <b>37</b> |
| 4.1      | COLETA DE DADOS   | 38        |
| 4.2      | CADASTRO E CONFIGURAÇÃO DOS DADOS                                   | 39        |
| 4.3      | DEFINIÇÃO DE RESTRIÇÕES   | 47        |
| 4.4      | GERAÇÃO DA GRADE DE HORÁRIOS  | 52        |

|  |    |
|--|----|
| 4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....   | 56 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....   | 60 |
| 5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....   | 60 |
| 5.2 RECOMENDAÇÕES .....  | 61 |
| REFERÊNCIAS .....  | 63 |
| APÊNDICES .....  | 66 |
| APÊNDICE A – GRADE HORÁRIA OFICIAL DO CURSO DE SI (2018.2) -<br>ELABORADAMANUALMENTE ..... | 67 |
| APÊNDICE B – GRADE HORÁRIA ELABORADA ATRAVÉS DO SISTEMA FET .....                          | 70 |

## 1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento tecnológico, muitos processos cotidianos sofreram alterações. As comunicações, o ensino, o entretenimento, os negócios, os meios de produção, e tantos outros procedimentos passaram a ser realizados com o auxílio de ferramentas tecnológicas. Tais ferramentas, de modo geral, passaram a assegurar celeridade à execução desses processos na medida em que tornaram a dinâmica de trabalho mais ágil, prática e eficiente, resultando em ganhos reais de tempo e de redução de esforço humano (físico e cognitivo) (JUNG, 2009).

Diante disso, diversas instituições, às quais se incluem as instituições de ensino, tiveram a possibilidade de conferir celeridade aos seus processos e trâmites internos. Um desses processos, por exemplo, diz respeito à elaboração de grades horárias, tarefa inerente ao início de todo semestre letivo, uma vez que inexistente a possibilidade de se iniciar as atividades letivas de um curso, sem que haja uma definição ou predefinição dos horários de aula.

Tal atividade, quando realizada de forma manual, se mostra bastante complexa dada a quantidade de requisitos e elementos (professores, alunos, salas, tempo etc.) a serem considerados. A complexidade desse problema pode, ainda, variar de acordo com o tipo e tamanho da instituição, de modo a acentuar-se ainda mais quando no contexto universitário, tendo em vista que o número de elementos e suas respectivas necessidades e limitações a serem consideradas é superior ao de uma escola tradicional, em que, por exemplo, uma turma geralmente já possui uma sala especificada e seu grupo de alunos, em sua maioria, é predeterminado, o que faz com que a complexidade seja reduzida em relação à uma universidade, em que,

por outro lado, disciplinas de uma mesma turma podem ser alocadas em salas diferentes, uma disciplina pode ser constituída por alunos de diversos cursos, professores, por desempenharem outras atividades, possuem mais restrições de horário, entre outras particularidades (VIEIRA; MACEDO, 2011).

No curso de Sistemas de Informação (SI) da Universidade Federal do Acre (UFAC), esse processo ainda é realizado de forma manual, demandando da(o) responsável por essa tarefa, muito tempo (dias ou até mesmo semanas) e esforço cognitivo para a elaboração de uma grade satisfatória que contemple os interesses da maioria, ou que simplesmente não precise de novos ajustes, tendo em vista a dificuldade em combinar horários, professores, alunos e salas de aula, de tal forma que suas restrições sejam observadas.

A resolução do problema de elaboração de grades horárias, de maneira geral, se mostra muito complexa, dada a quantidade de elementos e suas respectivas restrições. Apesar disso, Bornia Polsen (2012) relata que a maioria das instituições brasileiras de ensino ainda não dispõe de uma ferramenta computacional que auxilie nesse processo, o que por sua vez as leva ao mau funcionamento, pois a solução manual do problema, em geral, exige vários dias de trabalho e exaustivas negociações com as partes envolvidas, o que acaba se transformando em um enorme quebra-cabeça de tentativa e erro que prejudica a possibilidade de se chegar a uma solução ideal.

Computacionalmente, esse tipo de problema é definido como *Timetabling Problem*, o qual é considerado um problema de otimização combinatória da classe NP-difícil, tendo em vista a grande quantidade de elementos e variáveis a serem consideradas (EVEN; ITAI; SHAMIR, 1976). Outros exemplos que fazem parte desse tipo de problema, além da elaboração de grades horárias de aulas, diz respeito à criação de tabelas de horários para jogos e a organização de escalas de trabalho.

Com base no que foi exposto acerca das dificuldades impostas à elaboração manual de grades horárias e ao fato do curso de SI da UFAC não possuir qualquer sistema informatizado que dê suporte à(o) responsável pela elaboração de grades horárias em cada uma de suas etapas, e que existem mecanismos computacionais que tratam desse tipo de problema, este trabalho propõe a realização de um estudo qualitativo do software livre *Free Evolutionary Timetabling* (FET) frente ao processo manual e frente a outros sistemas similares, de modo a avaliar a viabilidade de sua aplicação na automatização da elaboração de grades horárias.

## 1.1 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Já foi demonstrado que a automatização de tarefas/processos, em geral, enseja ganhos que só a tecnologia oferece, tendo esta, influência direta sobre a otimização dos processos a que se aplica (ZUBOFF, 1994; CRUZ, 2004; CORREIA; O'NEILL, 2011; ). Apesar disso, o agendamento das aulas no curso de bacharelado em SI da UFAC ainda é feito de forma manual, sobrecarregando a(o) gestor(a) da coordenação a cada início de semestre.

Nesse contexto, esta pesquisa justifica-se pela necessidade de demonstrar que a utilização de um sistema gerador de grades horárias se apresenta como uma alternativa concreta para a execução dessa atividade de forma mais eficiente.

## 1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

### 1.2.1 Geral

Comparar a eficiência do desempenho do método automatizado de elaboração de grades horárias do curso de bacharelado em Sistemas de Informação da Universidade Federal do Acre, utilizando o software livre FET, com o desempenho do método manual e de outros sistemas similares.

### 1.2.2 Específicos

- a) Pesquisar e descrever as características do *Timetabling Problem*;
- b) Realizar uma análise comparativa entre alguns dos softwares geradores de grades horárias;

- c) Realizar um estudo de caso no intuito de obter os dados necessários para a elaboração de uma grade horária;
- d) Aplicar testes e simulações utilizando o FET;
- e) Analisar e comparar o desempenho do FET em relação ao desempenho manual.

### 1.3 METODOLOGIA

Do ponto de vista de sua natureza, esta pesquisa classifica-se como uma pesquisa aplicada (SILVA; MENEZES, 2001), pois objetivou gerar conhecimentos práticos acerca da resolução do *Timetabling Problem* no curso de SI da UFAC, especificamente.

Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, ou seja, da forma de tratamento dos resultados, refere-se a uma pesquisa qualitativa, tendo em vista que os resultados foram traduzidos em conceitos/ideias (SILVA; MENEZES, 2001).

Do ponto de vista dos seus objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória, pois para viabilizar a familiarização com o problema central, foram realizadas pesquisas bibliográficas e entrevistas com o(a) responsável pela elaboração das grades horárias do curso de SI da UFAC, para em seguida esclarecê-lo no estudo de caso (SILVA; MENEZES, 2001).

Acerca do levantamento bibliográfico, este se baseou em materiais já publicados, como livros, artigos, periódicos e demais materiais disponibilizados na internet, que versavam sobre o *Timetabling Problem*, suas principais características, técnicas de solução e softwares existentes para a sua resolução. Quanto às entrevistas realizadas, estas foram do tipo despadronizada, na modalidade não dirigida, por se mostrar mais flexível e dar maior liberdade tanto ao entrevistador na condução das questões, quanto ao entrevistado na formulação de suas respostas (LAKATOS; MARCONI, 2003).

Por fim, a realização desta pesquisa baseou-se em quatro etapas principais, como mostra a Figura 1, onde na primeira etapa foram definidos os objetivos da pesquisa; na segunda etapa, foi explorado o problema de elaboração de grades horárias no contexto computacional, foram apresentadas algumas das principais

ferramentas existentes para este fim e realizado um estudo comparativo entre elas, e por fim, executado o processo automatizado; na terceira etapa foi realizado um estudo comparativo entre os resultados do processo manual e do processo automatizado; e finalmente na última etapa foi realizada a análise dos resultados.

**Figura 1: Etapas da metodologia.**



Fonte: Elaboração própria.

## **1.4 ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA**

Os demais capítulos desta monografia estão organizados conforme descrito a seguir. No Capítulo 2 são apresentados os assuntos relacionados à elaboração automatizada de grades horárias, constando uma breve descrição do problema de elaboração de grades horárias e algumas técnicas de solução encontradas na literatura.

No capítulo 3 são apresentadas descrições e comparações entre diferentes sistemas geradores de grades horárias, dando destaque ao sistema FET.

No Capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos a partir da execução das etapas e métodos utilizados na elaboração das grades de horários através da utilização do software livre FET, fazendo um comparativo entre esses resultados e os resultados do processo manual, visando com isso demonstrar a relevância desta pesquisa.

Por fim, o Capítulo 5 apresenta as considerações finais deste trabalho, bem como as sugestões para trabalhos futuros.

## 2 O PROBLEMA DE ELABORAÇÃO DE GRADES HORÁRIAS

O problema de elaboração de grades horárias, também conhecido como *Timetabling Problem*, envolve vários elementos que engrenam as atividades didáticas de uma instituição, tais como: professores, alunos, turmas, disciplinas, salas, tempo etc., de modo a considerar as restrições de cada um destes na hora de propor uma solução (BARATA et al., 2010).

De acordo com Silva (2016, p. 34) “são problemas que envolvem a organização de eventos em um determinado número de intervalos de tempo, sujeito a algumas restrições”. No contexto educacional, entende-se por evento o encontro professor-turma, o que por sua vez configura uma aula; por intervalos, os horários em que essas aulas podem ocorrer; e por restrições, a indisponibilidade de tempo e recursos de cada um dos elementos necessários para a realização de uma aula (SILVA, 2016).

Dada a quantidade de elementos e restrições a serem consideradas, o *Timetabling* é tido como um problema da classe NP-difícil, ou seja, é um problema para o qual não existe um algoritmo conhecido que o resolva de forma exata em tempo polinomial (EVEN; ITAI; SHAMIR; 1976). Em outras palavras, significa dizer que algoritmos exatos, em função da grande quantidade de entradas, dificilmente serão capazes de encontrar uma boa solução num tempo razoável.

De modo geral, NP-difícil diz respeito a uma classe de problemas intratáveis (que não possui algoritmo que o resolva em tempo polinomial) do tipo NP, que por sua vez consiste nos problemas que podem ser verificados em tempo polinomial.

Além dessas classes, tem-se a classe de problemas do tipo P, a qual consiste nos problemas que podem ser resolvidos em tempo polinomial (problemas tratáveis) (CORMEN, 2009).

O problema, em razão das particularidades e restrições próprias de cada tipo de instituição (escola ou universidade), é dividido por Schaerfe (1999), em três categorias principais:

- a) ***School Timetabling Problem* (problema de programação de horários em escolas)**: diz respeito à alocação das aulas em uma instituição escolar, onde basicamente existe um conjunto de turmas, um conjunto de professores e um conjunto de horários reservados para a realização das aulas. Nesta categoria as aulas geralmente são alocadas para um único período do dia (manhã, tarde ou noite).
- b) ***Course Timetabling Problem* (problema de programação de horários de cursos)**: diz respeito à alocação das aulas em uma instituição universitária típica. Nesta categoria o problema consiste em alocar as aulas das matérias de um curso de acordo com os horários disponíveis, respeitando as disponibilidades e capacidades das salas existentes, de forma que nenhum estudante tenha duas ou mais aulas simultaneamente. Ao contrário do problema de programação de horários em escolas, nesta categoria há uma maior flexibilidade com relação aos horários disponibilizados para a realização das aulas, o que significa dizer que as aulas de um curso podem ser alocadas a qualquer horário de funcionamento da instituição, o que em geral inclui os turnos manhã, tarde e noite.
- c) ***Examination Timetabling Problem* (problema de programação de horários de exames)**: diz respeito à alocação dos horários de exames de uma instituição com as características de uma universidade. Nesta categoria, o objetivo é alocar cada exame a um horário, de forma que nenhum estudante tenha que fazer dois ou mais exames simultaneamente.

Souza (2000), por sua vez, argumenta que *Timetabling Problem* pode ser de dois tipos:

- a) **De viabilidade**: problemas em que se busca encontrar apenas um quadro de horários, tido como o aceitável que, no entanto, satisfaça a todas as restrições impostas.

- b) **De otimização:** problemas em que se busca encontrar, dentre os vários resultados obtidos, o chamado ótimo, que para além de satisfazer restrições essenciais, satisfaz restrições não essenciais.

Depreende-se do exposto que resolver problemas de alocação de horários é uma tarefa complexa e que a depender do tipo, pode se tornar exponencialmente mais complicada. Entretanto, existem técnicas baseadas em algoritmos que buscam chegar a boas soluções numa fração de tempo razoável. Dentre as técnicas mais usuais, figuram as de Algoritmos Exatos e as de Algoritmos Heurísticos e Metaheurísticos.

Na seção seguinte deste estudo, serão abordadas cada uma das técnicas citadas, dedicando maior atenção à técnica de Algoritmos Heurísticos e Metaheurísticos em razão de o problema de alocação de horários ser resolvido majoritariamente por meio desta, posto que a resolução do problema por meio de técnicas exatas, em geral, se mostra infactível ou muito difícil, dado o número de restrições e o tempo computacional exigido.

## **2.1 TÉCNICAS DE ALGORITMOS EXATOS OU DE PROGRAMAÇÃO INTEIRA**

Barata et al. (2010) sustentam que algoritmos exatos são modelos computacionais que necessitam de muito tempo para a propositura de uma solução, no entanto, garantem soluções ótimas para o problema.

Infere-se do exposto que algoritmos exatos devem ser utilizados na resolução de problemas simples/pequenos, pois no tratamento de problemas maiores, o tempo de processamento pode não ser hábil, além do que, quando se utiliza esses algoritmos, o cadastro das regras e restrições deve ser feito com muita cautela, visto que uma inconsistência no cadastro dos dados provoca consequências em cascata que só aparecerão ao final do processo, o que por sua vez implica na necessidade de reconstrução de todo o trabalho, demandando mais tempo e esforço (BARATA et al., 2010).

Goldbarg e Luna (2005) destacam, entre os algoritmos exatos existentes:

- a) **Branch-and-Bound (B&B)**: baseia-se na ideia de desenvolver uma enumeração inteligente dos pontos candidatos à solução ótima inteira de um problema. O termo *branch* (ramo) refere-se ao fato de que o método efetua partições no espaço das soluções. O termo *bound* (limite) ressalta que a prova da otimização da solução se utiliza de limites calculados ao longo das enumerações.
- b) **Branch-and-Cut (B&C)**: é um método de otimização combinatória, do tipo B&B, usado para resolver problemas de programação linear em que alguns ou todos os problemas são restritos a valores inteiros. Envolve a execução de um algoritmo de ramificação com planos de corte para aumentar os relaxamentos de programação linear, o que quer dizer que algumas das restrições do problema original podem ser suavizadas, ou seja, não cumpridas.
- c) **Branch-and-Price (B&P)**: baseia-se na geração de colunas em cada nó de uma árvore de busca *B&B* para a obtenção de novas variáveis não-básicas para a resolução de problemas lineares de grande porte.

## 2.2 TÉCNICAS DE ALGORITMOS HEURÍSTICOS E METAHEURÍSTICOS

Acerca das técnicas heurísticas e metaheurísticas, Barata et al. (2010, p. 16) sugerem que estas não asseguram a possibilidade de se chegar a uma solução ótima, entretanto, apresentam tempos computacionais razoáveis na resolução do problema.

Algoritmos heurísticos e metaheurísticos se apresentam como a melhor alternativa para a resolução de problemas de instâncias muito grandes, como é o caso do *Timetabling*, bem como quando não se dispõe de muito tempo para a resolução destes.

Dentre as metaheurísticas mais usuais, destaca-se neste estudo, o método GRASP, os Algoritmos Genéticos e os Algoritmos de Busca Recursiva, tendo esse último mais destaque, por se tratar do método utilizado pelo FET.

a) **GRASP – Greedy Randomized Apaptive Search Procedures:** é um método iterativo em que cada iteração consiste de duas fases: uma de construção e a outra de busca local (SOUZA, 2000). Na primeira fase, soluções iniciais são geradas através de um procedimento aleatório guloso em que as soluções são construídas elemento a elemento, seguindo um critério heurístico de otimização, até que se obtenha uma boa solução. Já na segunda fase, a de busca local, as melhores soluções construídas são pesquisadas, buscando-se identificar a solução dita ótima. Esta, por sua vez, é retornada após a realização de todas as iterações do GRASP. Assim, é possível obter diferentes soluções para o problema ao final de cada iteração do algoritmo (BARATA et al., 2010).

b) **Algoritmos Genéticos:** trata-se de um método de busca que se baseia nos processos naturais de evolução. Em um processo natural de evolução, indivíduos com as melhores características genéticas, possuem maiores chances de sobrevivência, e de gerarem filhos cada vez mais aptos ao meio, enquanto indivíduos menos aptos tendem a desaparecer (SOUZA, 2000). Neste sentido, em algoritmos genéticos, uma população de possíveis soluções (indivíduos) para o problema evolui de acordo com operadores probabilísticos concebidos de forma análoga ao processo biológico, de modo que os indivíduos representem soluções cada vez melhores à medida que o processo evolutivo continua (BARATA et al., 2010).

c) **Algoritmos de Busca Recursiva:** é uma técnica de simplificação que consiste em dividir um problema original em vários subproblemas, a fim de torná-lo mais simples e factível, uma vez que, em alguns casos, soluções não-recursivas podem se mostrar muito extensas e menos elegantes. Algoritmos recursivos seguem uma abordagem conhecida como divisão e conquista, que por sua vez é composta por três etapas (CORMEN, 2009):

1. O problema original é dividido em vários subproblemas, se este for grande, senão, ele é resolvido diretamente;
2. Os subproblemas são resolvidos;
3. As soluções dos subproblemas são combinadas para compor a solução do problema original.

Para que a recursão seja perfeita, deve-se definir uma condição de parada, ou seja, deve-se dizer ao algoritmo como ele deve agir diante das situações possíveis, caso contrário, o processo recursivo nunca terá fim (SENGER, 2003).

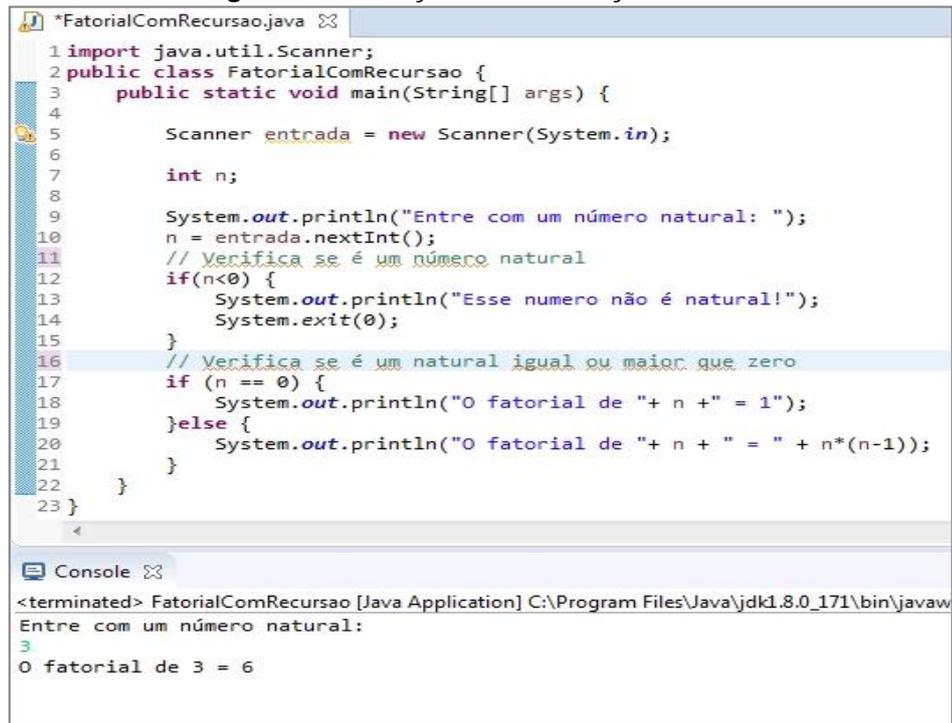
Na prática, pode-se observar o funcionamento da recursão através do clássico exemplo da resolução de uma função fatorial de um número natural  $N$  (número inteiro não negativo). Sabendo que o comportamento da função, no caso de  $N=0$  deve ser igual a 1, e que o comportamento da função, no caso de  $N>0$  deve ser  $N! = N * (N-1)!$ , define-se (SENGER, 2003):

$$fatorial(n) = \begin{cases} 1 & \text{se } n = 0 \\ n \times fatorial(n - 1) & \text{se } n > 0 \end{cases}$$

A partir dessa definição, o cálculo da função fatorial de 3 acontece de acordo com a seguinte fórmula:

$$\begin{aligned} fatorial(3) &= 3 * fatorial(3 - 1) \\ &= 3 * fatorial(2) \\ &= 3 * 2 * fatorial(2 - 1) \\ &= 3 * 2 * fatorial(1) \\ &= 3 * 2 * 1 * fatorial(1 - 1) \\ &= 3 * 2 * 1 * fatorial(0) \\ &= 3 * 2 * 1 \\ &= 6 \end{aligned}$$

Desse modo, para aplicar a recursão em um algoritmo, basta programá-lo mostrando como este deve proceder para obter uma solução do problema original a partir de soluções de problemas menores. Nesse sentido, em linhas de código, a função fatorial apresentada anteriormente, poderia ser executada nos moldes do algoritmo ilustrado na Figura 2, em que foram definidas três condições (cada uma com um comportamento específico) que este deveria observar para chegar à solução do problema maior, sendo elas: analisar se o valor de  $N$  correspondia a um número natural; analisar se  $N=0$ ; e finalmente, analisar se  $N>0$ .

**Figura 2: Resolução de uma função fatorial.**

```
*FatorialComRecursao.java
1 import java.util.Scanner;
2 public class FatorialComRecursao {
3     public static void main(String[] args) {
4
5         Scanner entrada = new Scanner(System.in);
6
7         int n;
8
9         System.out.println("Entre com um número natural: ");
10        n = entrada.nextInt();
11        // Verifica se é um número natural
12        if(n<0) {
13            System.out.println("Esse numero não é natural!");
14            System.exit(0);
15        }
16        // Verifica se é um natural igual ou maior que zero
17        if (n == 0) {
18            System.out.println("O fatorial de "+ n + " = 1");
19        }else {
20            System.out.println("O fatorial de "+ n + " = " + n*(n-1));
21        }
22    }
23 }
```

```
Console
<terminated> FatorialComRecursao [Java Application] C:\Program Files\Java\jdk1.8.0_171\bin\javaw
Entre com um número natural:
3
O fatorial de 3 = 6
```

**Fonte: Elaboração própria.**

Afere-se do exposto, que a utilização da recursividade pode simplificar a resolução de alguns problemas, fornecendo a solução de maneira mais concisa e eficaz. No entanto, em relação às técnicas iterativas, a recursão tende a consumir mais tempo e memória, uma vez que são feitas muitas divisões do problema maior. Além disso, um simples erro na definição de condição de parada pode comprometer todo o processo (SENGER, 2003).

### 3 SOFTWARES GERADORES DE GRADES HORÁRIAS

Existem inúmeros softwares destinados à tarefa de elaborar grades horárias de forma automática. Esses softwares permitem que responsáveis pela elaboração de grades horárias dispensem esforço mínimo na execução do processo, requerendo destes tão somente o fornecimento dos dados institucionais necessários para a elaboração da grade, através dos recursos disponibilizados em suas interfaces gráficas. Cada software tem como método de busca, um algoritmo ou mais, tendo estes, influência direta sobre os níveis de desempenho do sistema.

Entre os diversos softwares existentes, destacam-se: o aSc TimeTables<sup>1</sup>, o Cronos<sup>2</sup>, o Horário Fácil<sup>3</sup> e o FET<sup>4</sup>.

As subseções seguintes apresentam de forma condensada os softwares citados, visando com isso realizar uma análise comparativa entre eles, a fim de demonstrar, justificar e reforçar os motivos que levaram à escolha do FET.

---

<sup>1</sup> <https://www.asctimetables.com>

<sup>2</sup> <https://www.cronostimetable.com>

<sup>3</sup> <http://www.horariofacil.com>

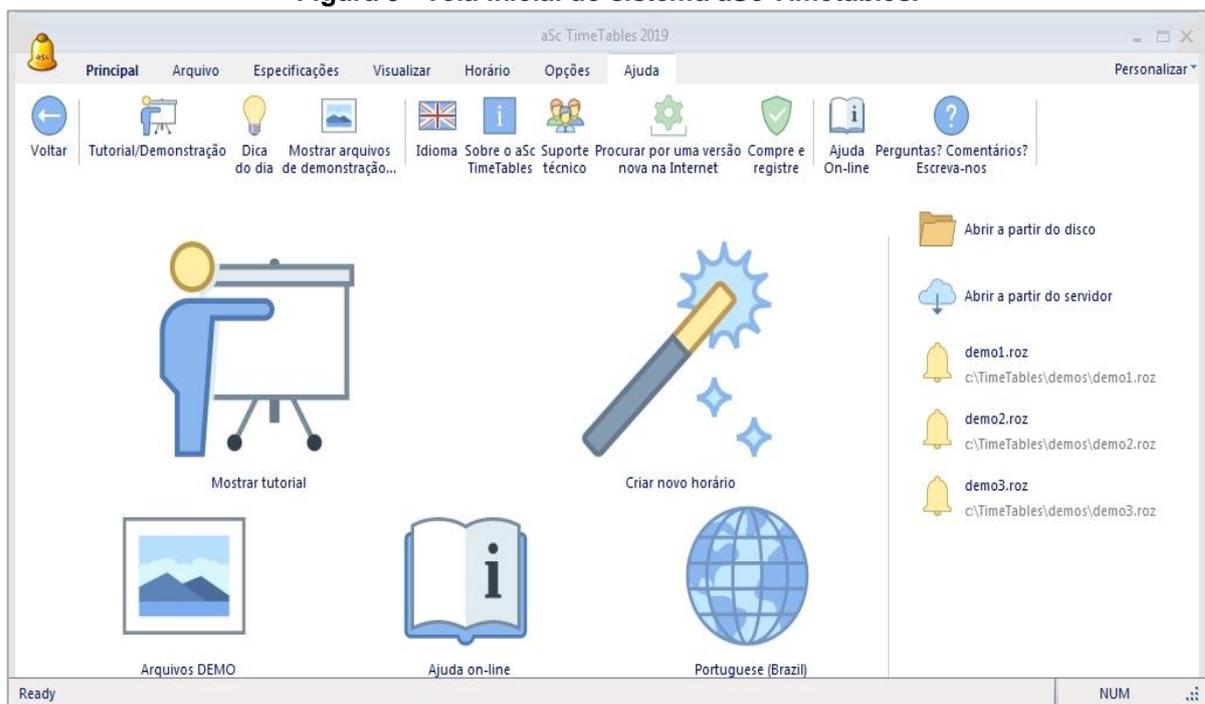
<sup>4</sup> <https://lalescu.ro/liviu/fet/>

### 3.1 ASC TIMETABLES

O aSc Timetables é um sistema desktop/web gerador de grades horárias, do tipo comercial. Possui funções muito úteis, como: disponibilização de tabelas de horários através de dispositivos móveis de acesso à internet, assistência e suporte técnico de profissionais, contudo, os preços de suas licenças, em relação aos demais sistemas listados, é bastante elevado, sendo inclusive cobrado em dólar. Informações acerca do algoritmo utilizado pelo sistema durante o processo de geração de grades horárias não foram encontradas.

A Figura 3 apresenta a tela inicial do sistema.

**Figura 3 - Tela inicial do sistema aSc Timetables.**



**Fonte: Elaboração própria.**

Quanto às licenças de uso desse sistema, estas podem ser do tipo básica, premium ou pro, onde (ASC TIMETABLES, 2019):

- a) Licença Básica: Os serviços oferecidos nessa licença são: capacidade ilimitada de geração de horários, licença para todos os computadores da instituição, disponibilização dos horários em dispositivos móveis e suporte ilimitado grátis por dois anos, após, esse serviço é taxado;

- b) Licença Premium: Os serviços oferecidos nessa licença são: capacidade ilimitada de geração de horários, licença para todos os computadores da instituição, disponibilização dos horários em dispositivos móveis, suporte ilimitado grátis por dois anos (após, esse serviço é taxado), e assistência de especialistas no processo de elaboração da grade de horários;
- c) Licença Pro: Os serviços oferecidos nessa licença são: capacidade ilimitada de geração de horários, licença para todos os computadores da instituição, disponibilização dos horários em dispositivos móveis, suporte ilimitado grátis por dois anos (após, também há taxaço), assistência de especialistas no processo de elaboração da grade de horários e possibilidade de geração de grades horárias individuais por estudantes;

### **3.2 CRONOS**

O Cronos é um sistema web gerador de grades horárias, o que por sua vez possibilita seu acesso a qualquer momento e lugar em que haja internet. Dentre os serviços desse sistema, destacam-se: o oferecimento de suporte de apoio para a geração das grades de horários e a permissão de modificações manuais na grade final, se esta não estiver de acordo com as necessidades da instituição.

Esse sistema oferece, ainda, a possibilidade de geração de relatórios que situam e auxiliam o usuário no processo de elaboração da grade de horários. Contudo, o sistema não é gratuito, e os preços variam de acordo com o tipo de licença, podendo esta ser: básica, intermediária, avançada ou super, onde (CRONOS, 2019):

- a) Licença Básica: Nesta licença, a quantidade máxima de turmas que podem ser cadastradas por turno é limitada a dez (10), já a quantidade de horários a serem gerados é ilimitada, assim como a quantidade de professores e usuários a serem cadastrados.
- b) Licença Intermediária: Nesta, a quantidade máxima de turmas que podem ser cadastradas por turno é limitada a dezesseis (16), já a quantidade de

horários a serem gerados é ilimitada, assim como a quantidade de professores e usuários a serem cadastrados.

- c) Licença Avançada: Nesta, o número de turmas cadastradas é limitado à quantidade de vinte e cinco (25); a quantidade de horários a serem gerados é ilimitada, assim como a quantidade de professores e usuários a serem cadastrados. Um bônus dessa licença é a disponibilização de dicas de especialistas.
- d) Licença Super: Nesta, a quantidade de turmas possivelmente cadastradas pode ser maior que 25. Ademais, a quantidade de horários a serem gerados é ilimitada, assim como a quantidade de professores e usuários a serem cadastrados. Essa licença também conta com o bônus de dicas de especialistas.

Informações sobre o algoritmo utilizado pelo sistema Cronos no processo de elaboração de grades horárias não foram encontradas na literatura. A Figura 4 apresenta a tela inicial do sistema.

**Figura 4 - Tela inicial do sistema Cronos.**

**Fonte: Elaboração própria.**

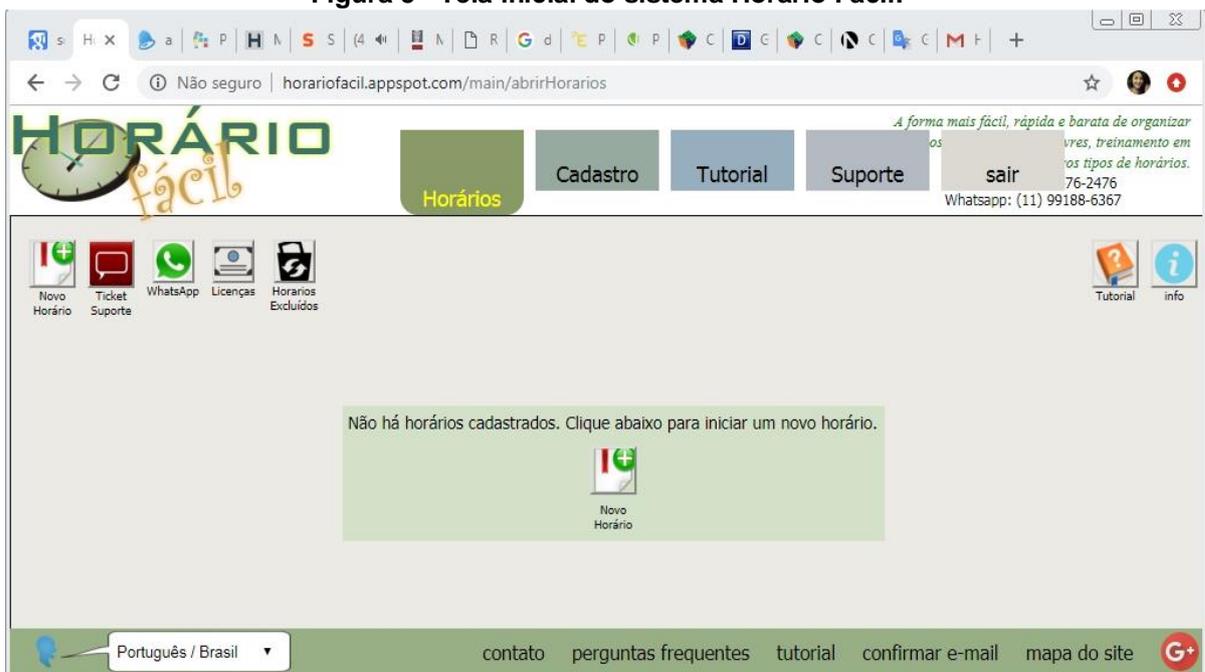
### 3.3 HORÁRIO FÁCIL

O Horário Fácil é um sistema web gerador de grades horárias que possui uma estrutura considerada simples e fácil de manuseio, no entanto, é um software comercial. Possui suporte gratuito e os preços de suas licenças são calculados a partir da quantidade de turmas e do tempo de duração da licença, podendo esta ser de 6 meses, 12 meses ou 24 meses.

O processo de elaboração da grade de horários nesse sistema é dividido em seis etapas sequenciais, onde na primeira etapa são fornecidas as informações básicas do horário, como nome da instituição, ano letivo etc; na segunda, são cadastrados os dias de aula da semana; na terceira, são cadastradas as disciplinas; na quarta, as salas/turmas e suas respectivas grades curriculares; na quinta, os professores; e na sexta, são definidas configurações extras, como geminação de aulas por matérias, professores etc (HORÁRIO FÁCIL, 2019).

A Figura 5 apresenta a tela inicial do sistema em questão. Sobre o algoritmo utilizado pelo sistema para a geração de grades horárias, não foram encontradas informações.

**Figura 5 - Tela inicial do sistema Horário Fácil.**



**Fonte: Elaboração própria.**

### 3.4 FET

O FET é um sistema gerador de grades horárias do tipo desktop e gratuito, ao contrário dos citados anteriormente. Possui uma interface minimalista, como mostra a Figura 6, no entanto, se apresenta como um sistema muito robusto. Seu manuseio requer, num primeiro momento, o estudo de manuais de utilização (MOREIRA et al., 2017).

**Figura 6 - Interface inicial do FET.**



**Fonte: Elaboração própria.**

Licenciado sob a General Public License – GNU GPL<sup>5</sup>, encontra-se disponível para download no link<sup>6</sup> (para o Sistema Operacional Windows), e para instalação no Sistema Operacional GNU/Linux (distribuição debian que utilizem os pacotes .deb), através da inserção do comando `$ sudo apt-get install fet` (LALESCU, 2018).

O FET foi desenvolvido em 2002 por Gheorge Liviu Lalescu, utilizando um algoritmo genético para a geração da grade de horários, no entanto, este se mostrava bastante lento, sendo capaz de gerar tão somente grades horárias relativamente fáceis. Somente a partir de 2007, o algoritmo genético foi substituído pelo de busca recursiva, o que por sua vez possibilitou a capacidade de gerar

<sup>5</sup> GNU General Public License (Licença Pública Geral), ou simplesmente GPL, é a designação da licença para software. Disponível em: <http://www.gnu.org/licenses/licenses.pt-br.html>

<sup>6</sup> Disponível em: <http://lalescu.ro/liviu/fet/download.html> >

grades horárias mais complexas em tempo hábil (DA SILVA RODRIGUES et al., 2015).

O FET apresenta, ainda, grande portabilidade, podendo ser executado nos sistemas GNU/Linux, Windows, Mac OS X e/ou em qualquer outro sistema que suporte Qt<sup>7</sup> (LALESCU, 2018).

Salienta-se que foram apresentados três softwares comerciais (aSc Timetables, Cronos e Horário Fácil) e apenas um software livre (FET) nesta Seção, pelo fato de o FET configurar como o único sistema Livre conhecido para a realização da tarefa de elaboração de grades horárias.

### **3.5 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SOFTWARES GERADORES DE GRADES HORÁRIAS**

Todos os sistemas listados geram grades horárias automaticamente, no entanto, possuem características distintas que os tornam mais ou menos adequados diante das necessidades do usuário. Neste sentido, a realização de um estudo comparativo para avaliar as particularidades de cada sistema se mostra muito relevante para que assim seja possível identificar o sistema que mais se adequa às necessidades da coordenação do curso de SI da UFAC. Desse modo, nesta seção é realizada uma classificação descritiva dos sistemas abordados, visando justificar a utilização do sistema FET no desenvolvimento do estudo de caso deste trabalho.

Moreira et al. (2017) realizaram um estudo comparativo entre os sistemas citados nesta pesquisa, onde analisaram características técnicas e funcionalidades específicas de cada um, buscando com isso identificar o sistema que mais se aproximava em suprir as necessidades do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (UFNMG).

Tendo em vista o UFNMG se tratar de uma instituição pública de ensino, assim como a UFAC (instituição sede do curso a que se propõe a automatização do processo de elaboração da grade de horários), e considerando a similaridade entre

---

<sup>7</sup> *framework* multiplataforma para desenvolvimento de interfaces gráficas em C++. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Qt>> e <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Framework>>

as necessidades de ambas, optou-se por utilizar, neste trabalho, alguns dos critérios e resultados obtidos por Moreira et al. (2017).

A seguir estão elencados os critérios de avaliação extraídos do estudo de Moreira et al. (2017), que foram utilizados nesta pesquisa.

- a) Interface intuitiva: interface simples de trabalhar e de se aprender;
- b) Tipo da aplicação: web (acessada pelo navegador) ou desktop (acessada diretamente pelo sistema operacional);
- c) Suporte técnico de apoio: Suporte de especialistas no processo de elaboração da grade de horários;
- d) Manual/Interface traduzida: documentação e/ou interface em português;
- e) Geração de relatórios: documentação que situa e auxilia o usuário na elaboração da grade de horários;
- f) Grade horária pronta modificável no sistema: funcionalidade que permite fazer alterações na grade final a partir do próprio sistema;
- g) Multiusuários: funcionalidade que permite acesso simultâneo de múltiplos usuários ao sistema;
- h) Tipo da licença de uso: paga (requer pagamento em dinheiro) ou livre/gratuita (não requer pagamento em dinheiro);
- i) Exportação/Importação de dados: funcionalidade que permite a utilização de documentos externos, bem como permite a geração de documentos compartilháveis.

O Quadro 1 apresenta resumidamente as características de cada sistema frente aos critérios listados. Infere-se a partir de sua análise, que o aSc Timetables se apresenta como o sistema que melhor atenderia as necessidades do curso de SI da UFAC, dada a completude de suas funções, no entanto, este tem um alto custo aquisitivo (como foi relatado na subseção 3.1), e sua adoção implicaria na necessidade de um processo lento e burocrático de licitação (tendo em vista a UFAC se tratar de uma instituição pública), o que por sua vez inviabilizaria a execução das atividades desta pesquisa dentro dos prazos estabelecidos. Além do mais, ainda não há, por parte da instituição, um interesse concreto na automatização do processo de elaboração das grades horárias do curso, tendo sido essa, inclusive, umas das razões que motivaram realização desse estudo. O Cronos e o Horário Fácil, apesar de possuírem aspectos importantes, como por exemplo, interfaces intuitivas e suporte técnico de apoio, também não satisfazem todas as necessidades da

coordenação do curso de SI da UFAC, além da necessidade de um processo licitatório igualmente imposto para a aquisição destes.

**Quadro 1- Comparação entre os sistemas com base nas suas características.**

| <b>Características/Funções</b>                     | <b>aSc<br/>Timetables</b> | <b>Cronos</b> | <b>Horário Fácil</b> | <b>FET</b> |
|--|---------------------------|---------------|----------------------|------------|
| <b>Interface intuitiva</b>                         | Não                       | Sim           | Sim                  | Sim        |
| <b>Tipo de aplicação</b>                           | Desktop/Web               | Web           | Web                  | Desktop    |
| <b>Suporte técnico de apoio</b>                    | Sim                       | Sim           | Sim                  | Não        |
| <b>Manual/Interface traduzida</b>                  | Sim                       | Sim           | Sim                  | Sim        |
| <b>Geração de relatórios</b>                       | Sim                       | Sim           | Não                  | Não        |
| <b>Grade horária pronta modificável no sistema</b> | Sim                       | Sim           | Não                  | Não        |
| <b>Multiusuários</b>                               | Sim                       | Não           | Não                  | Não        |
| <b>Tipo da licença de uso</b>                      | Comercial                 | Comercial     | Comercial            | Livre      |
| <b>Exportação/Importação de dados</b>              | Sim                       | Não           | Não                  | Sim        |

**Fonte: Elaboração própria.**

O sistema FET, por outro lado, além de apresentar uma interface simples e intuitiva, possui recursos muito abrangentes e robustos (como será possível observar na seção 4) que contemplam as necessidades da coordenação do curso de SI da UFAC. Além disso, dispõe de tradução para diversos idiomas, inclusive para o português, e apesar de não oferecer suporte técnico de apoio, possui boa documentação de utilização.

Ademais, o FET é um software livre, sem custo aquisitivo, o que por sua vez dispensa a necessidade de um processo licitatório por parte da instituição, fator determinante para a sua escolha nesta pesquisa. O FET apresenta, ainda, grande portabilidade, podendo ser executado nos sistemas GNU/Linux, Windows, Mac OS X e/ou em qualquer outro sistema que suporte Qt (LALESCU, 2018).

Pelos motivos já expostos, optou-se pelo sistema FET, no entanto outros fatores também reforçaram a sua escolha, como por exemplo, os relatos encontrados em outros trabalhos acerca da velocidade e precisão de sua execução desde que seu método de busca deixou de ser realizado por meio de algoritmos

genéticos (que se mostravam lentos e imprecisos diante de cenários mais complexos), e passou a ser realizado por um novo algoritmo heurístico baseado na troca recursiva de atividades, nomeado “swap recursivo”, no ano de 2007. Desde então, relata-se que o sistema passou a conseguir resolver cronogramas difíceis e em poucos minutos (LALESCU, 2018).

O atual algoritmo passou a apresentar maior rapidez e eficiência na criação de grades mais complexas ao classificar as atividades mais difíceis e realizá-las em primeiro lugar, o que por sua vez acelerou em até 10 vezes o processo de alocação de horários. De modo geral, a tarefa do algoritmo no sistema consiste em alocar cada atividade em um bloco de tempo (hora-aula), respeitando as restrições impostas (LALESCU, 2018).

Por fim, para realizar a comparação entre os sistemas mencionados, seus respectivos manuais de uso foram utilizados, bem como foram feitos testes práticos, buscando verificar a facilidade de manuseio das funções do sistema, a sequência do fluxo de trabalho, a organização dos componentes e do layout como um todo, o tempo médio gasto para a geração de grades horárias, dentre outras questões. No entanto, foram testados na prática apenas os sistemas FET (como mostra o estudo de caso deste trabalho); o aSc Timetables, a partir da versão demonstrativa; e o Horário Fácil, a partir da sua, também, versão demonstrativa. Em relação ao sistema FET, nenhum dos sistemas avaliados apresentou melhor desempenho na resolução do problema, como demonstram os números do Quadro 2.

**Quadro 2 - Tempo médio gasto por cada sistema para a geração de grades horárias.**

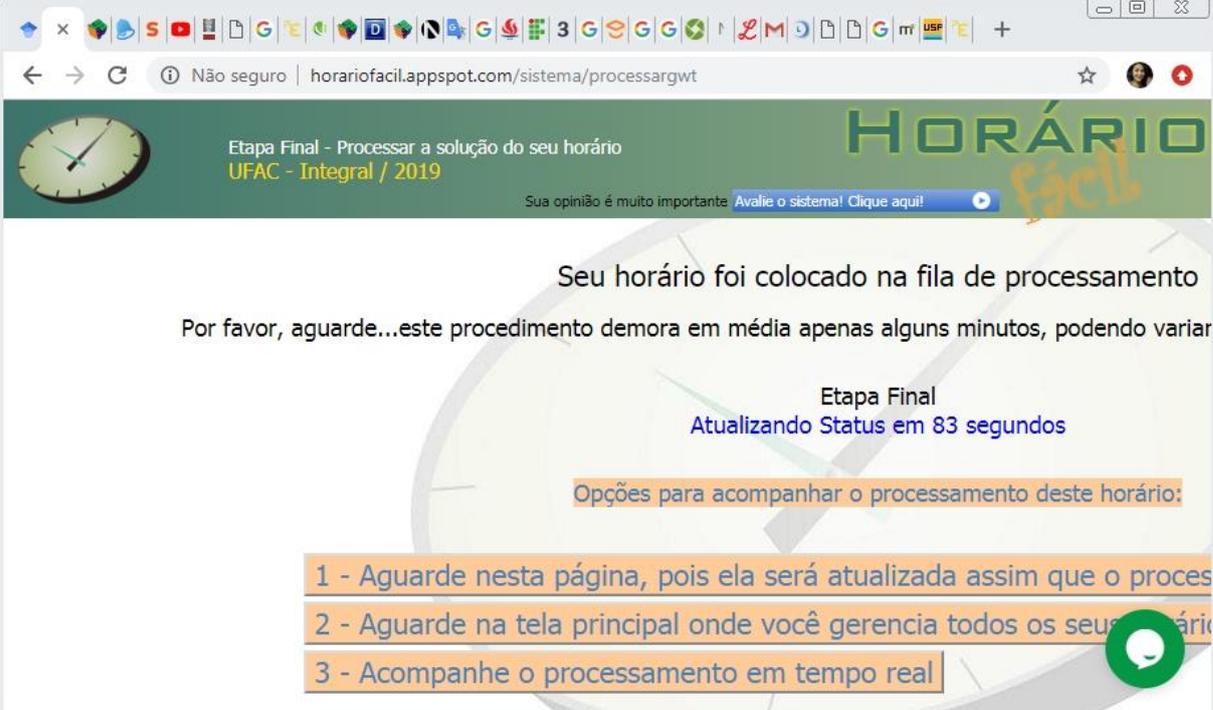
| <b>Característica</b>                                      | <b>aSc Timetables</b> | <b>Cronos</b> | <b>Horário Fácil</b> | <b>FET</b> |
|--|-----------------------|---------------|----------------------|------------|
| <b>Tempo médio gasto para a geração de grades horárias</b> | 15 segundos           | –             | 90 segundos          | 2 segundos |

**Fonte: Elaboração própria.**

O sistema Horário Fácil, como mostra a Figura 7, levou mais de 80 segundos para gerar uma grade simples, o aSc Timetables levou mais de 10 segundos, e o FET, por outro lado, levou no máximo 2 segundos para isso, como será possível observar no estudo de caso. Quanto ao sistema Cronos, não foi possível realizar

testes práticos com o mesmo, tampouco aferir o tempo médio gasto pelo mesmo na propositura de grades horárias, em razão da não disponibilização de uma versão de testes.

**Figura 7 - Índice de desempenho do sistema Horário Fácil.**



The screenshot shows a web browser window with the URL `horariofacil.appspot.com/sistema/processargwt`. The page header includes a clock icon, the text "Etapa Final - Processar a solução do seu horário UFAC - Integral / 2019", and a feedback button "Avalie o sistema! Clique aqui!". The main content area displays the message "Seu horário foi colocado na fila de processamento" and "Por favor, aguarde...este procedimento demora em média apenas alguns minutos, podendo variar". Below this, it says "Etapa Final Atualizando Status em 83 segundos". A section titled "Opções para acompanhar o processamento deste horário:" lists three instructions:

- 1 - Aguarde nesta página, pois ela será atualizada assim que o proces
- 2 - Aguarde na tela principal onde você gerencia todos os seus horário
- 3 - Acompanhe o processamento em tempo real

**Fonte: Elaboração própria.**

## 4 ESTUDO DE CASO

Este capítulo apresenta os resultados obtidos com a execução das etapas de automatização do processo de elaboração de grades horárias por meio do FET que, como mencionado na Seção 1.3., foi o escolhido dentre os softwares listados e analisados, por dispor de boa documentação e tradução para o português, por ser um software livre, pelo seu desempenho, por apresentar uma interface simples e robusta, e principalmente pelos relatos de casos de sucesso com sua implantação.

Acerca dos casos de sucesso, têm-se como exemplo, os resultados positivos demonstrados por Bautu e Bautu (2015), na implantação do FET na Academia Naval Mircea cel Bătrân, instituição de ensino localizada no porto de Constança, Romênia, em que o sistema se mostrou eficiente na implementação da sua política de horários; bem como os resultados apresentados por Karling, Dörr e Lisbôa (2018) na implantação do sistema na Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Setor Palotina, em que o mesmo foi utilizado para automatizar o processo de geração da grade de horário da 7ª Semana Integrada de Ensino, Pesquisa e Extensão (SIEPE) de 2015, e apresentou bons resultados.

Após a escolha da ferramenta, iniciaram-se os estudos desta, o que compreendeu o período de novembro de 2018 a janeiro de 2019, onde foram realizados testes e simulações com dados reais, os quais foram obtidos junto à coordenação do curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal do Acre.

Para a realização do estudo do software, foi utilizada a versão FET 5.37.2. Atualmente essa versão não está mais disponível para download, pois foi atualizada para a versão FET 5.37.5.

Em síntese, este capítulo apresenta o detalhamento do processo de geração automatizada de grades horárias utilizando o sistema FET, de modo a detalhar o fluxo e as etapas necessárias para tanto, as quais correspondem: (1) à coleta dos dados (Seção 4.1); ao cadastro e configuração dos dados (Seção 4.2); (3) à definição de restrições (Seção 4.3); e (4) à geração da grade de horários (Seção 4.4), como mostra a Figura 8.

**Figura 8: Etapas do FET para elaboração de grades horárias.**



**Fonte: Elaboração própria**

Além disso, a Seção 4.5 apresenta a análise e comparação dos resultados obtidos através da utilização do sistema.

#### **4.1 COLETA DE DADOS**

Para a elaboração da grade de horários no FET, assim como no processo manual, dados como, por exemplo: a grade curricular, a relação de professores, a relação de professores por disciplina, disponibilidade e/ou indisponibilidade de professores - precisam ser previamente coletados. Logo, para obtê-los, entrevistas foram realizadas com a responsável pela elaboração da grade de horários do curso

de SI, pois como define Lakatos e Marconi (2003) “entrevista é um encontro entre duas pessoas, a fim de que uma delas obtenha informações a respeito de determinado assunto”. Acerca do tipo de entrevista adotado, optou-se pela despadronizada na modalidade não dirigida, por ser mais flexível e dar maior liberdade tanto ao entrevistador na condução das questões, quanto ao entrevistado na formulação de suas respostas (LAKATOS; MARCONI, 2003).

No decorrer das entrevistas foi possível constatar que o processo de elaboração da grade de horários começa a ser articulado muitas semanas antes do início do semestre, tendo em vista a dependência de informações oriundas de setores externos à coordenação, a exemplo da relação de professores por disciplina, que é fornecida pelo diretor do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CCET). Logo, pela indisponibilidade de informações necessárias para a simulação de grades horárias de semestres futuros e pela necessidade de se ter um modelo para fins de análise e comparação dos resultados, utilizou-se neste estudo, informações referentes à grade implantada no segundo semestre acadêmico de 2018 (2018.2).

Os dados necessários para a elaboração das grades horárias no FET foram: a estrutura curricular do curso de SI, a lista de professores em atividade no curso de SI, a relação de professores por disciplina, a lista das turmas do curso e a relação dos dias e horários de aula do curso. Somente a partir da obtenção desses dados essenciais foi possível aplicar os relacionamentos e restrições de cada elemento integrante do processo.

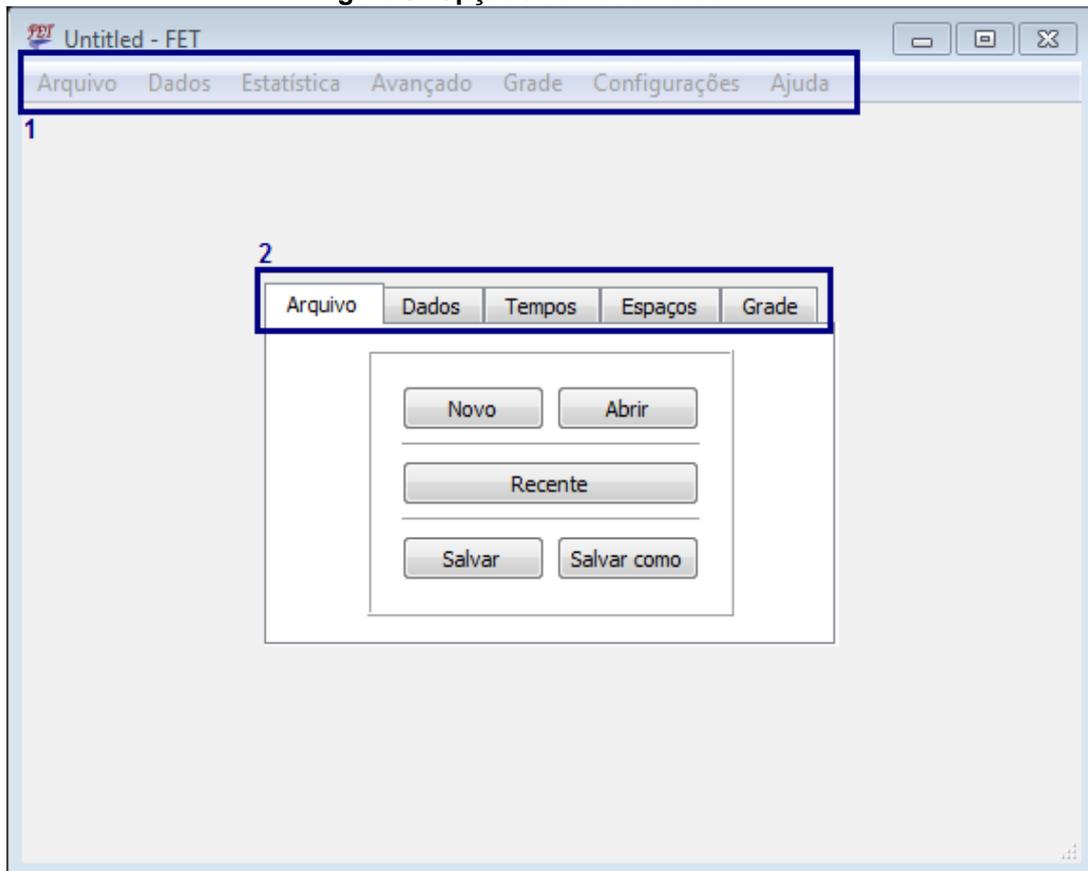
## **4.2 CADASTRO E CONFIGURAÇÃO DOS DADOS**

Em seguida, deu-se início à etapa mais demorada do processo, a de cadastro e configuração dos dados básicos no FET. Tais dados se referem às informações institucionais do curso, como dias e horários de aula; às disciplinas; aos professores; às turmas e às aulas. O cadastro das aulas (denominado de “atividades” no FET), diferentemente dos demais dados que são cadastrados de forma independente, é feito a partir do relacionamento de todos os outros, tendo em vista que uma aula relaciona professores, disciplinas, alunos, horários, etc. Por essa razão a expressão

“configuração dos dados” foi utilizada neste tópico. Dito isso, este capítulo se atém em descrever resumidamente cada um dos dados mencionados, bem como a sistemática de seus cadastros no sistema.

Antes, porém, julga-se pertinente fazer uma breve apresentação das opções de trabalho apresentadas na tela inicial do sistema, as quais são ilustradas na Figura 9. A partir desta figura, é possível, ainda, observar que há duas maneiras de se trabalhar com o FET: uma através da barra de menus (contorno 1 da Figura 9), e a outra através da barra de tarefas (contorno 2 da Figura 9). Ambas possuem as mesmas funções, no entanto, a barra de menus possui duas opções exclusivas: “Configurações” e “Ajuda”. Para a execução deste trabalho, optou-se por trabalhar com a barra de tarefas por questões de usabilidade, o que por sua vez diz respeito à capacidade que um sistema interativo tem de possibilitar ao usuário, a realização das tarefas com efetividade, eficiência e satisfação (ISO 9241, 1998).

**Figura 9: Opções de trabalho do FET.**



**Fonte: Elaboração própria.**

No que se refere à função de cada aba da barra de tarefas, a aba “Arquivo” permite realizar todas as operações com arquivos (criar, abrir, salvar etc); a aba

“Dados” permite realizar os cadastros de todos os dados necessários (nome dos professores, nome e quantidade das turmas, horários etc); a aba “Tempos” permite definir as restrições de tempo de cada elemento (professor, turmas, aulas etc); a aba “Espaços” permite definir as restrições de tempo das salas de aula (se estas tiverem sido cadastradas, o que não aconteceu neste trabalho); e por fim, a aba “Grade” permite gerar as grades horárias, visualizá-las previamente, imprimi-las etc.

Feita a apresentação da tela inicial da ferramenta, pode-se então apresentar os detalhes dos dados e cadastros:

**1. Dados institucionais do curso:** compreende informações como o nome da instituição a que o curso pertence, dias e horários de aulas do curso.

Quanto aos dias da semana para a realização das aulas, oficialmente são reservados cinco dias (segunda, terça, quarta, quinta e sexta-feira), pois como determina o art. 1º, § 3º da Resolução nº 07, de 15 de abril de 2008, “somente os cursos noturnos poderão incluir, em seus horários, aulas aos sábados” (UFAC, 2008).

Em relação aos horários de aula, o único horário oficialmente indisponível para o agendamento de aula para o curso, refere-se ao horário das 12:50 às 13:30, de modo que poderiam ser agendadas aulas em qualquer outro horário do período da manhã ou da tarde, o que compreenderia os períodos de 07:30 às 12:50 e 13:30 às 18:50, pois conforme o art. 252, § 2º do regimento geral da UFAC, “os cursos ofertados em turno integral poderão desenvolver atividades inteiramente ou parcialmente, em dois turnos, exigindo a disponibilidade do estudante por mais de seis horas diárias (UFAC, 2013, p.80). No entanto, por não haver necessidade para tanto, observou-se que normalmente são reservados no máximo cinco (5) blocos de horários por dia, conforme mostra o Quadro 2.

**Quadro 3 - Bloco de horários por dia.**

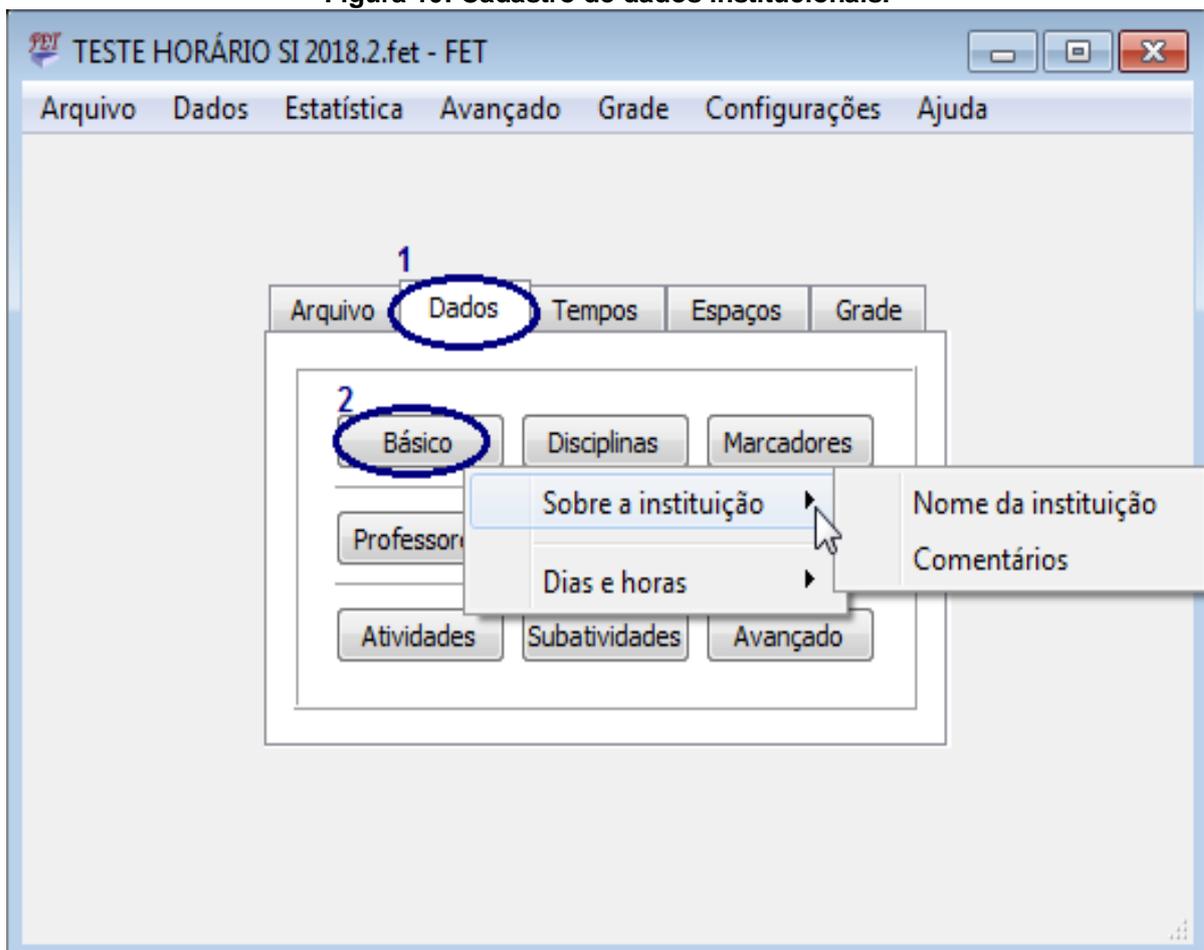
|                  |                      |
|------------------|----------------------|
| <b>Horário 1</b> | <b>7:30 – 9:10</b>   |
| <b>Horário 2</b> | <b>9:20 – 11:00</b>  |
| <b>Horário 3</b> | <b>11:10 – 12:50</b> |
| <b>Horário 4</b> | <b>13:30 – 15:10</b> |
| <b>Horário 5</b> | <b>15:20 – 17:00</b> |

Fonte: Elaboração própria.

Referente ao bloco de horário 5, este geralmente só é utilizado em situações excepcionais, como em casos de ofertas de disciplinas extras, ou quando os demais horários não são suficientes para atender a demanda de aulas do semestre.

Feitas essas observações, foram cadastrados o nome da instituição, os dias e os horários de aula do curso. O cadastro desses dados foi realizado no componente “Básico” da tarefa “Dados”, como mostrado na Figura 10.

**Figura 10: Cadastro de dados institucionais.**

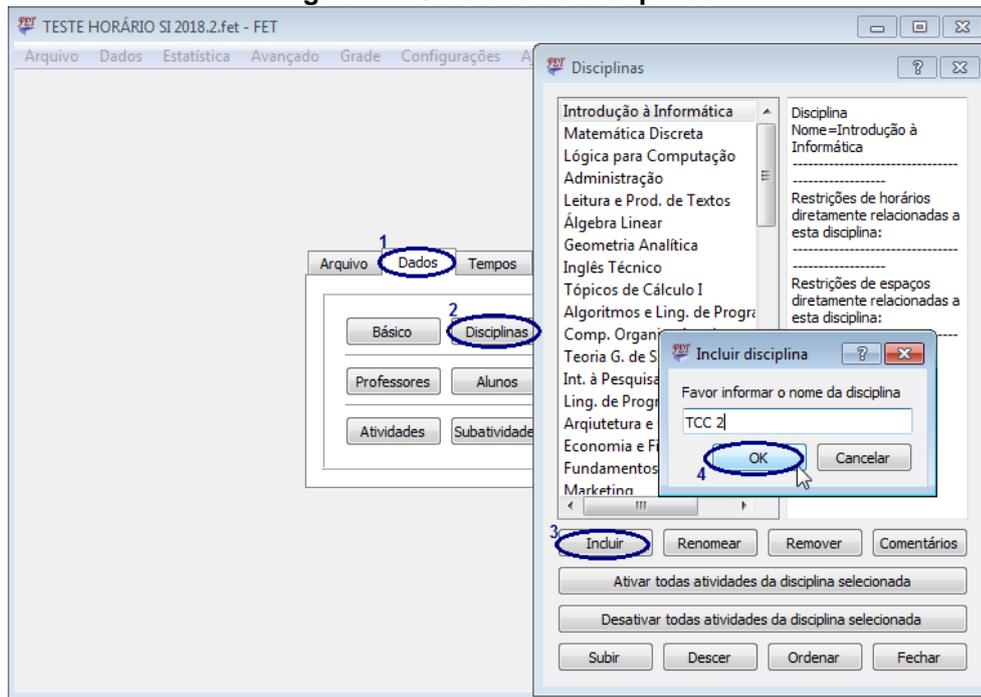


**Fonte: Elaboração própria.**

2. **Disciplinas:** Compreende as disciplinas que compõem a grade curricular do curso.

Estas foram inseridas no FET, uma a uma, seguindo a sistemática mostrada na Figura 11.

**Figura 11: Cadastro de disciplinas.**

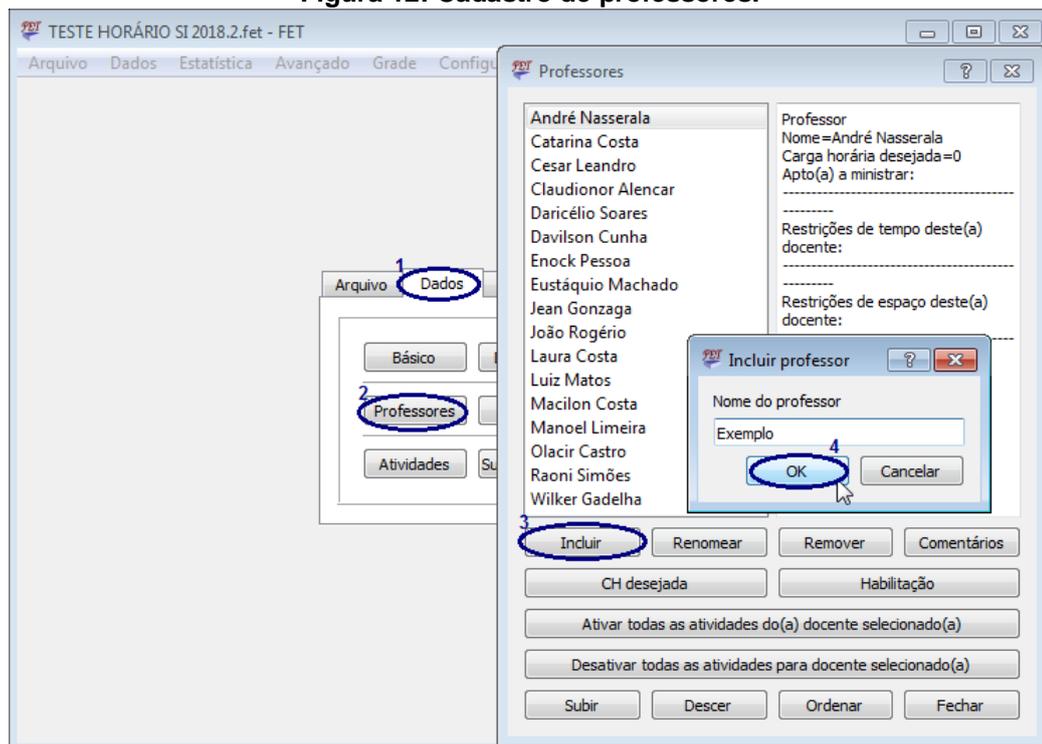


Fonte: Elaboração própria.

3. **Professores:** Compreende a lista de todos os professores vinculados ao curso no semestre.

Estes foram inseridos no FET, um a um, seguindo a sistemática mostrada na Figura 12.

**Figura 12: Cadastro de professores.**

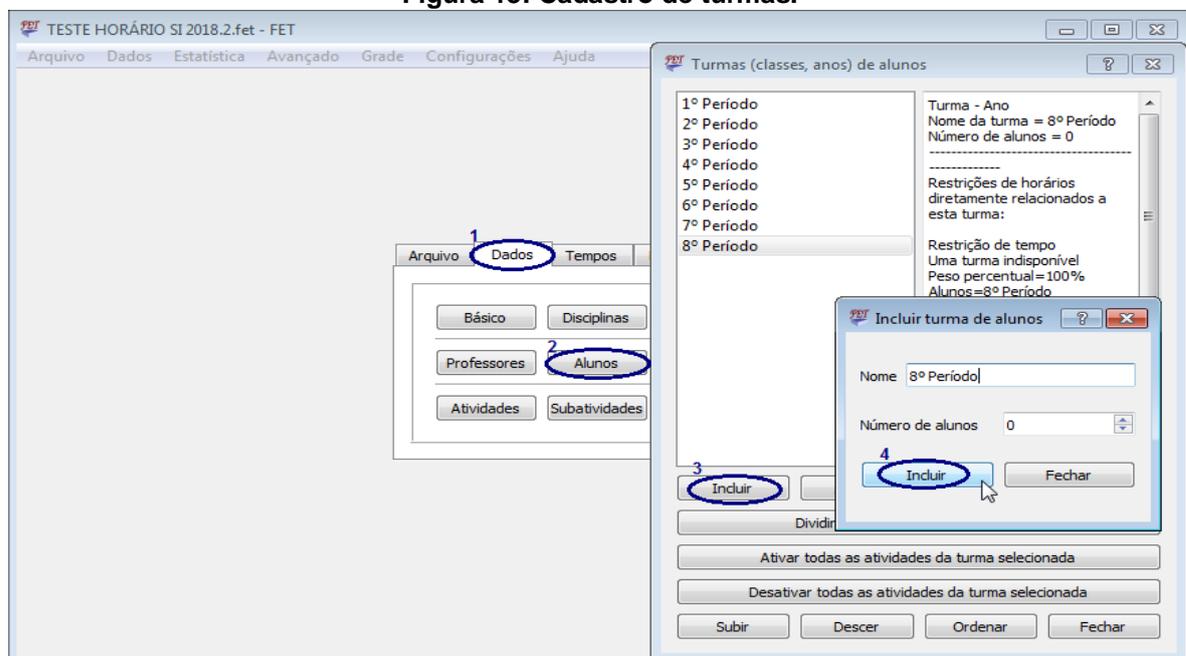


Fonte: Elaboração própria.

4. **Turmas:** No âmbito da UFAC, compreende a divisão das turmas de alunos por períodos.

As turmas do curso de SI, especificamente, são divididas em oito períodos, de modo que em cada semestre, quatro estão em atividade e as outras quatro não, o que significa dizer que na execução desta pesquisa, apenas cinco turmas tiveram atividades associadas a elas, sendo uma delas (5º período) um caso excepcional. Uma possibilidade de trabalho seria cadastrar apenas as turmas em atividade, mas visando fazer reuso do arquivo para elaboração de grades futuras, foram cadastradas as oito turmas no sistema, como mostra a Figura 13.

Figura 13: Cadastro de turmas.



Fonte: Elaboração própria.

5. **Aulas:** Compreende a associação de uma disciplina e uma turma a um professor.

Em atenção à determinação de que todos os professores relacionados ao curso devem estar associados a pelo menos uma disciplina e ao fato de que toda disciplina pertence a uma turma (período), o cadastro das aulas foi feito a partir do elemento professor.

Cabe ressaltar que o número de aulas que o professor dará na semana, depende da Carga Horária (CH) da(s) disciplina(s) que ele ministrará, de modo que uma disciplina de 30h deve ser ministrada no mínimo uma vez na semana, uma de 60h deve ser ministrada no mínimo duas vezes na semana, uma de 90h deve ser

ministrada no mínimo três vezes na semana, e uma de 150h (como é o caso da disciplina “Estágio Supervisionado” do 7º período), deve ser ministrada no mínimo cinco vezes na semana para que sua CH total seja cumprida ao final do semestre. O Quadro 3 demonstra essa imposição de forma simplificada.

Depreende-se, ainda, do Quadro 3, que todas as aulas do curso têm duração de 1h40min (dois encontros de 50min) e que a CH semanal de aulas de um professor, depende da CH da(s) disciplina(s) que ele for ministrar no semestre.

**Quadro 4 - Relação do número de aulas por carga horária.**

| CH da disciplina | Nº de aulas por semana | Hora/Aula | CH semanal |
|------------------|------------------------|-----------|------------|
| 150 h            | 5                      | 1h40min   | 9h20min    |
| 90 h             | 3                      | 1h40min   | 6h         |
| 60 h             | 2                      | 1h40min   | 3h20min    |
| 30 h             | 1                      | 1h40min   | 1h40min    |

**Fonte: Elaboração própria.**

Feitas essas considerações, as aulas foram cadastradas no sistema, seguindo uma sistemática que se deu a partir do professor, como mostra a Figura 14.

**Figura 14: Cadastro de aulas.**

**Fonte: Elaboração própria.**

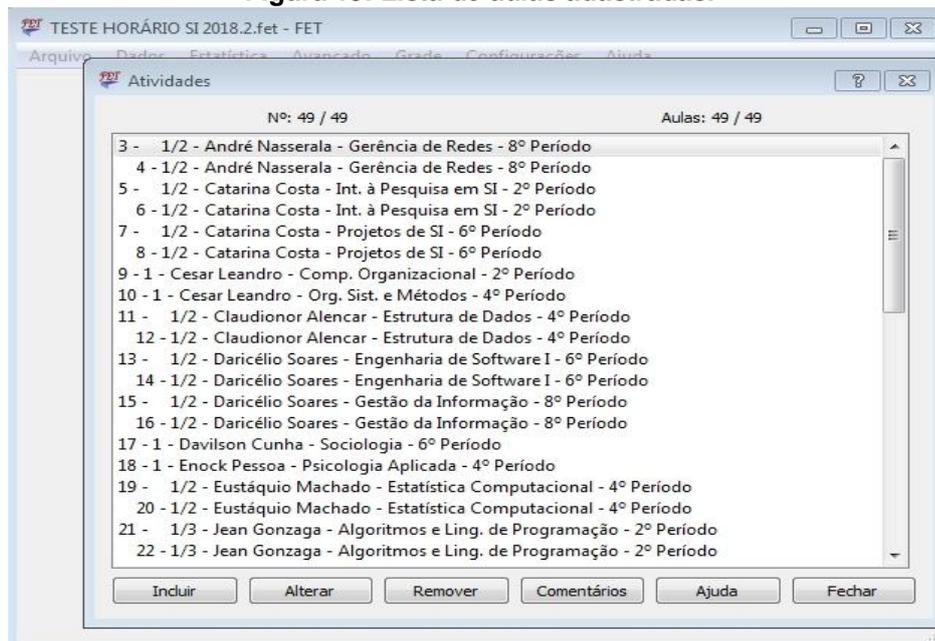
Conforme apresentado na Figura 14, pode-se verificar que a professora “Laura” ministrará a disciplina “TCC 2”, que é uma disciplina destinada aos alunos do

último período, logo, dará aula para a turma “8º Período”. Tem-se ainda que a disciplina “TCC 2” foi cadastrada para ser ministrada três vezes na semana (conforme definido na opção “Divisões” (contorno 4 da Figura 14)), por ser uma disciplina de 90 horas, e com duração de 1:40min (contorno 8 da Figura 14), cada aula.

Uma particularidade muito positiva do sistema é a possibilidade de configurar o intervalo, em dias, entre cada aula da disciplina, de modo que a opção “Mín. dias” (contorno 5 da Figura 14), determina que deve haver pelo menos um dia de intervalo entre cada aula de “TCC 2”. O grau de precisão do programa acerca dessa configuração, é determinada na opção “Peso” (contorno 6 da Figura 14), onde 100% estabelece que o programa não deve tentar aplicar esse intervalo, ele deve conseguir. Quanto menor a porcentagem nessa opção, maior a possibilidade de o programa não conseguir aplicar esse intervalo, e ter que agendar mais de uma aula da disciplina para o mesmo dia. Para evitar que o programa, quando não conseguir aplicar os intervalos, agende aulas de forma não consecutivas no mesmo dia para uma turma, foi selecionada a caixa de seleção “Consecutivas” (contorno 7 da Figura 14).

Concluídos os cadastros e configurações, tem-se então como resultado uma lista de todas as aulas do semestre associadas a seus respectivos professores, disciplinas e turmas, como mostra a Figura 15.

**Figura 15: Lista de aulas cadastradas.**



**Fonte: Elaboração própria.**

### 4.3 DEFINIÇÃO DE RESTRIÇÕES

Efetuada os cadastros e relacionados todos os elementos de uma aula, o próximo passo foi cadastrar todas as restrições institucionais relacionadas aos professores, estudantes e espaços, pois para elaborar a grade de qualquer instituição, seja manualmente, semiautomaticamente ou automaticamente, uma série de restrições deve ser levada em consideração (BAUTU; BAUTU, 2015).

Acerca das restrições, Bucco (2014) as divide em dois tipos: rígidas (ou *hard*) e leves (ou *soft*), de modo que para a criação de uma grade de horários válida, ou seja, que possa ser usada, todas as restrições rígidas devem ser satisfeitas, enquanto que as restrições leves, por outro lado, não são obrigatórias e algumas delas podem ser quebradas, ou seja, não cumpridas. No entanto, quanto mais restrições leves forem atendidas, melhor será a grade horária gerada (BAUTU; BAUTU, 2015).

Alguns exemplos de restrições rígidas (*hard*) são:

- Um professor ensina apenas uma aula de cada vez;
- Uma sala é usada por apenas uma aula de cada vez;
- Um aluno frequenta apenas uma aula de cada vez.

Alguns exemplos de restrições leves (*soft*) são:

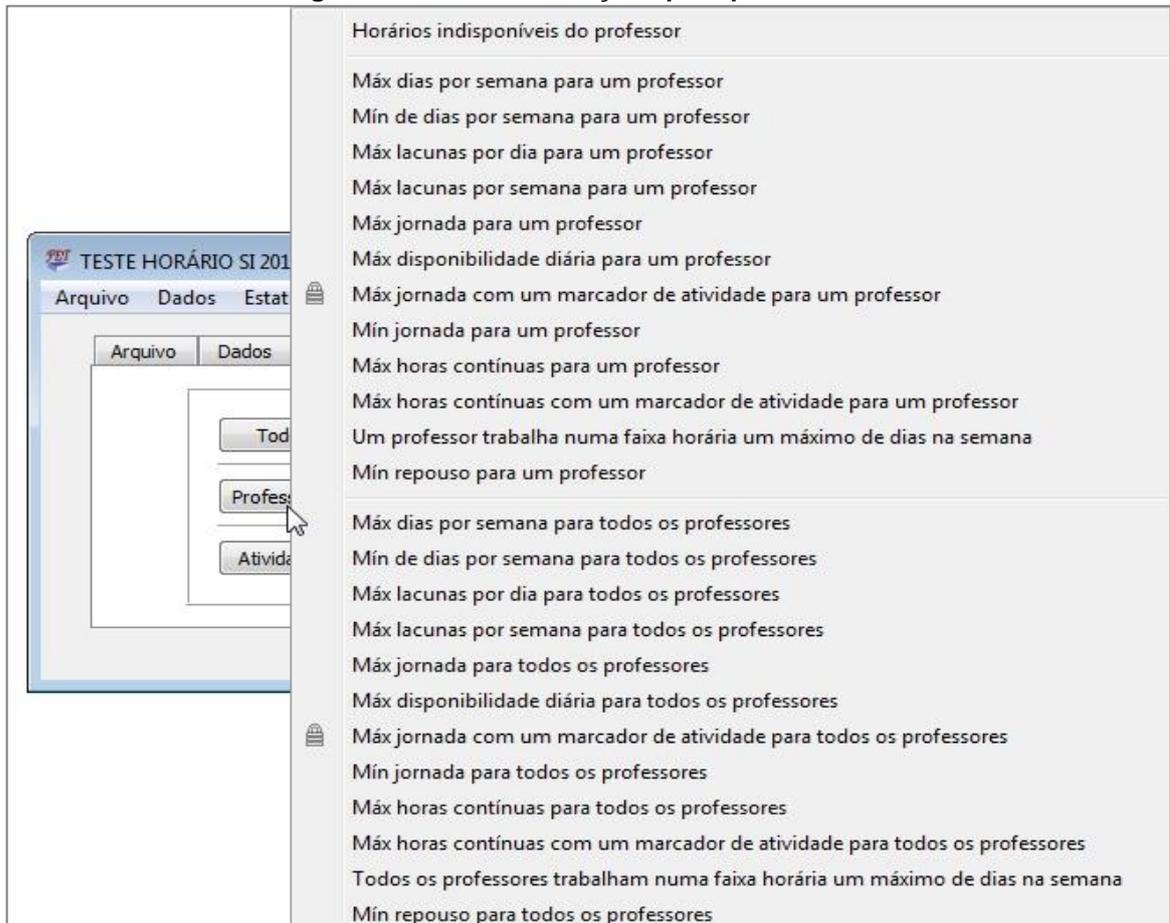
- Um aluno deve frequentar no máximo N aulas por dia
- Um professor deve ensinar no máximo N aulas por dia
- Os alunos devem ter no máximo um horário livre em sua programação por dia.

Atento ao exposto, o FET apresenta várias opções de restrições, sendo 23 referentes aos professores, 25 referentes aos alunos, e 27 referentes às aulas/atividades, sem contar outras restrições avançadas, referentes às disciplinas e salas. Salienta-se que o cadastro de restrições limita-se às possibilidades estabelecidas pelo sistema, de modo que novas restrições não podem ser criadas. Apesar disso, o sistema se mostra muito flexível quanto às formas de configuração das restrições. A Figura 16 estampa a categoria de restrições dos professores.

No FET, toda restrição tem um peso que varia de 0 a 100%, onde 100% indica se tratar de uma restrição rígida que tem que ser respeitada obrigatoriamente;

e valores abaixo disso indicam se tratar de restrições leves que têm que ser respeitadas, mas podem ser quebradas. Quanto menor o valor atribuído à restrição, mais leve ela é, e maior a possibilidade de não ser atendida.

**Figura 16: Lista de restrições para professores.**



**Fonte: Elaboração própria.**

Sabendo disso, condições obrigatórias impostas à elaboração da grade horária do curso de SI foram cadastradas no sistema com peso 100%, como demonstra a Figura 17. Além disso, foram inseridas apenas as restrições necessárias, visto que quanto mais restrições, mais difícil e demorada é a localização de uma boa solução por parte do sistema. A seguir são listadas algumas das restrições rígidas que foram cadastradas:

1. Bloqueio do horário das terças-feiras (9:20 às 12:50), para realização da assembleia de centro, composta pelos professores do CCET, especificamente;
2. Bloqueio do horário de terça (7:30 às 9:10) e de quinta (11:00 às 12:50), da turma do 8º período, para atender a situação de um(a) aluno(a)

concluente com pendência em uma disciplina de período anterior, que era ofertada nesses horários;

3. Reserva de horário exclusivo (7:30 às 9:10 das terças e quintas) para um professor específico (João Rogério), em razão de este ser natural de outro curso (matemática) e já vir com restrição de horários;
4. Reserva de horário exclusivo (7:30 às 9:10 de terça, e 11:00 às 12:50 de quinta) para um professor específico (Eustáquio), em razão de este ser natural de outro curso (matemática) e já vir com restrição de horários;

Referente às reservas de horário exclusivo para alguns professores, isso ocorreu em razão de os professores citados pertencerem a outro curso, o que implica na adequação do curso solicitante (SI, neste caso) à grade horária do curso solicitado (matemática, neste caso). Tendo em vista que na estrutura curricular do curso de SI existem muitas matérias oriundas de outros cursos e centros, esse tipo de restrição é recorrentemente cadastrada, como foi relatado.

**Figura 17: Cadastro de restrições do tipo rígida.**

Esta restrição não induz lacunas (ou início não respeitado) para alunos. Se uma turma tiver aulas antes e após este período indisponível, não haverá lacunas contadas

Turma: 8º Período

Peso percentual (necessário: 100%): 100

|               | Segunda-feira | Terça-feira | Quarta-feira | Quinta-feira | Sexta-feira |
|---------------|---------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| 07:30 - 09:10 |               | X           |              |              |             |
| 09:20 - 11:00 |               | X           |              |              |             |
| 11:10 - 12:50 |               | X           |              | X            |             |
| 13:30 - 15:10 |               |             |              |              |             |
| 15:20 - 17:00 |               |             |              |              |             |

Todos como disponíveis X=indisponível, vazio=disponível

Todos como indisponível Ok Cancelar

**Fonte: Elaboração própria.**

Quanto às restrições leves, estas foram cadastradas com peso 95%, a fim de com isso forçar o sistema a considerá-las (também) na elaboração da grade.

Algumas das restrições leves cadastradas referem-se, por exemplo, às preferências de dias e horários dos professores para dar aula; às adaptações e flexibilizações de horários para atender o máximo de alunos possíveis (inclusive os irregulares), entre outras. A Figura 18 ilustra uma restrição leve referente à preferência de dias e horários de um professor para ministrar as aulas de uma disciplina específica.

**Figura 18: Cadastro de restrições do tipo Leve.**

**Fonte: Elaboração própria.**

Ainda sobre as restrições leves, é pertinente destacar que estas não são critérios institucionais obrigatórios para a elaboração da grade, no entanto, são bastante consideradas, buscando assim atender ao máximo as necessidades de todas as partes envolvidas, inclusive dos alunos, uma vez que isso tem influência direta no atendimento do princípio da eficiência pública, que por sua vez estabelece uma gestão estatal mais racional, efetiva e voltada para a obtenção dos melhores resultados, de modo que estes sejam alcançados com a mais correta e adequada aplicação dos recursos humanos e financeiros, tendo em vista que os custos são sustentados por toda a sociedade (PINTO, 2008).

Neste sentido, o processo de elaboração da grade horária, busca, dentro da sua competência, diminuir fatores que contribuam com os altos índices tanto de evasão quanto de retenção de alunos, uma vez que isso resulta em prejuízo financeiro e social, pois como apontam dados do Ministério da Educação (MEC), o custo médio anual de um aluno da UFAC em 2016, era de R\$ 29.412,1, e que a instituição ocupava o 34º lugar, de 379, no *ranking* de gastos públicos com alunos (MEC, 2018), demonstrando uma crescente, em relação aos anos anteriores, como mostra a Tabela 1. Assim, é totalmente justificável que haja essa flexibilização para a diminuição desses índices, uma vez que objetiva possibilitar que esses alunos não fiquem retidos por muito mais tempo além do previsto, ensejando gastos excedentes à instituição.

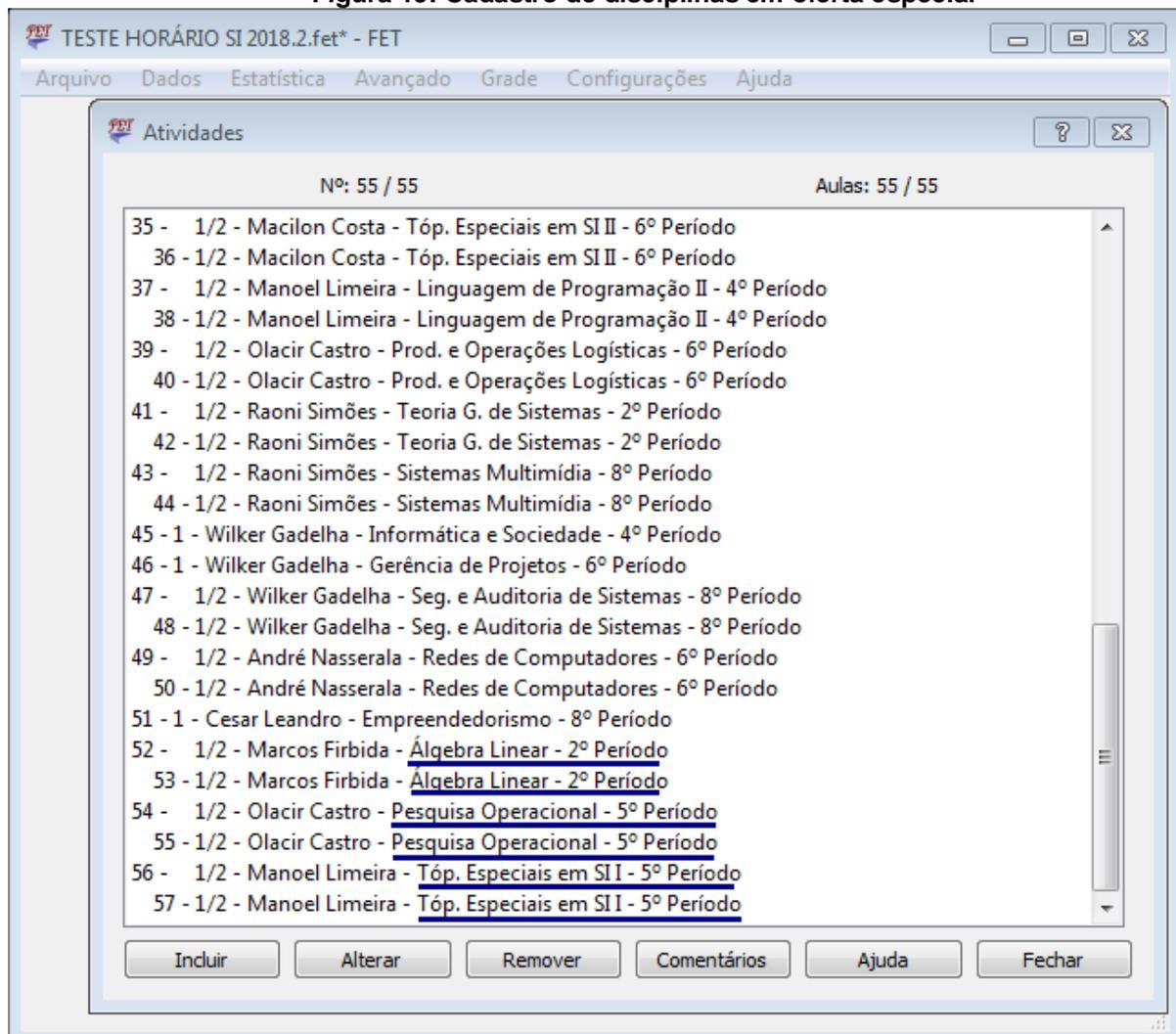
**Tabela 1 - Custo médio anual de um aluno da UFAC.**

| Despesa                          | 2009            | 2010            | 2011            | 2012            | 2013            | 2014            | 2015            | 2016            |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 Pessoal Ativo                  | 7,080.9         | 6,090.4         | 6,291.6         | 7,711.9         | 12,028.0        | 12,031.6        | 14,067.7        | 15,159.1        |
| 2 Contribuição da União ao PSS   | 1,364.8         | 1,208.1         | 1,250.7         | 1,656.1         | 2,297.9         | 2,265.7         | 2,638.6         | 2,568.0         |
| 3 Benefícios a Servidores        | 232.3           | 365.7           | 376.1           | 495.6           | 865.0           | 782.4           | 852.5           | 1,162.3         |
| 4 OCC (1)                        | 807.5           | 495.3           | 418.0           | 408.0           | 1,517.1         | 1,938.0         | 1,905.7         | 2,531.0         |
| 5 Residência Médica              | 146.0           | 112.2           | 144.5           | 151.2           | 281.5           | 332.3           | 423.0           | 500.5           |
| 6 Assistência Estudantil         | 146.7           | 127.5           | 118.3           | 236.0           | 591.7           | 710.6           | 724.1           | 998.5           |
| 7 REUNI e Emendas                | 402.5           | 421.1           | 584.8           | 1,023.2         | 1,050.4         | 1,513.2         | 1,045.4         | 46.0            |
| 8 PARFOR                         | -               | -               | -               | -               | 45.8            | 123.6           | 67.7            | 97.3            |
| 9 Pessoal Inativo                | 3,516.8         | 3,057.2         | 2,889.9         | 3,342.7         | 5,312.7         | 5,050.7         | 5,886.8         | 6,083.2         |
| 10 Precatórios Pessoal           | 288.8           | 925.1           | 4.9             | 44.9            | -               | -               | -               | 187.4           |
| 11 Despesas c/ Receitas Próprias | 65.0            | 94.5            | 39.1            | 23.0            | 50.8            | 51.7            | 97.7            | 78.8            |
| 12 REHUF e Emendas Hospitalais   | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               |
| <b>TOTAL</b>                     | <b>14,051.3</b> | <b>12,897.2</b> | <b>12,117.9</b> | <b>15,092.5</b> | <b>24,041.0</b> | <b>24,799.7</b> | <b>27,709.1</b> | <b>29,412.1</b> |
| Posição no Ranking (Maior=1º)    | 46º             | 52º             | 56º             | 51º             | 35º             | 39º             | 35º             | <b>34º</b>      |

Fonte: Adaptado de (MEC, 2018).

Depreende-se então, que apesar da não obrigatoriedade em atender as necessidades de alunos com pendências, a situação destes é levada em consideração na hora de elaborar a grade horária. Logo, em atenção às ofertas especiais do semestre vigente, foram cadastradas no FET, para análise do desempenho do sistema, as disciplinas de “Álgebra Linear” (do 1º período, em razão do alto índice de reprovação que teve no seu semestre regular), “Pesquisa Operacional” (do 5º período, para evitar o jubramento de alguns alunos), e “Tópicos Especiais em SI I” (do 5º período, em razão da sua essencialidade para que alguns alunos concluíssem o curso), como mostra a Figura 19.

**Figura 19: Cadastro de disciplinas em oferta especial**

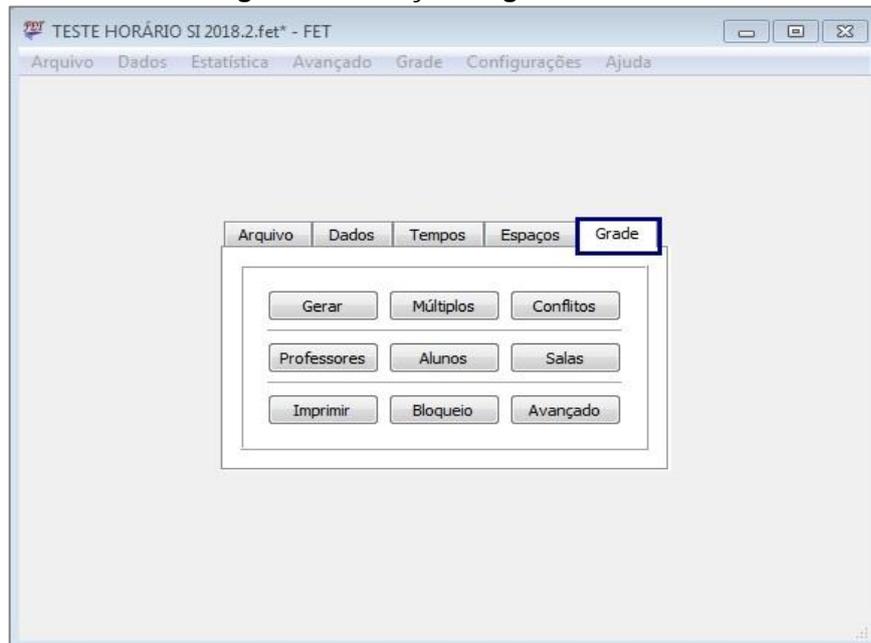


Fonte: Elaboração própria.

#### 4.4 GERAÇÃO DA GRADE DE HORÁRIOS

Realizadas todas as entradas de dados e configuradas todas as regras e restrições, finalmente a grade horária foi gerada pelo sistema, tendo sido essa a etapa mais simples de todo o processo, uma vez que foi necessário apenas selecionar a aba “Grade” (contornada na Figura 20) da barra de tarefas, e após, clicar em “Gerar” ou “Múltiplos”, para gerar apenas uma grade horária por vez ou várias, respectivamente.

**Figura 20: Geração da grade horária.**



**Fonte: Elaboração própria.**

Apesar de ser a etapa mais simples de todo o processo (pela ótica de atuação do usuário), é também a mais robusta e poderosa do sistema, uma vez que demonstra a eficiência do seu algoritmo de busca por soluções, e apresenta todos os seus recursos. Recursos esses que vão desde a elaboração de grades globais e grades individuais de professores, turmas e disciplinas, até as possibilidades de impressão personalizada destas. A Figura 21 apresenta, de forma individual, uma grade de horários de um professor.

**Figura 21: Grade horária individual.**

|               | Segunda-feira                                | Terça-feira                                  | Quarta-feira | Quinta-feira | Sexta-feira                                  |
|---------------|--|--|--------------|--------------|--|
| 07:30 - 09:10 |  |  |              |              |  |
| 09:20 - 11:00 |  | Algoritmos e Ling. de Programação 2º Período |              |              | Algoritmos e Ling. de Programação 2º Período |
| 11:10 - 12:50 | Algoritmos e Ling. de Programação 2º Período |  |              |              |  |
| 13:30 - 15:10 |  |  |              |              |  |
| 15:20 - 17:00 |  |  |              |              |  |

**Fonte: Elaboração própria.**

É nessa etapa também que o sistema gera uma pasta com todos os arquivos de manipulação dos resultados (.fet, .html e .css), possibilitando o uso, reuso, compartilhamento e/ou edição destes. Ilustrativamente, a Figura 22 apresenta o conteúdo do arquivo HTML (*HyperText Markup Language*) gerado pelo sistema, o qual corresponde ao conteúdo *Web* em que consta todas as grades geradas pelo FET, podendo estas serem visualizadas através dos links de acesso de cada categoria listada (subgrupos, grupos, aulas, professores, períodos livres dos professores, salas, disciplinas e demais). Além disso, consta a lista de conflitos leves que foram quebrados, as estatísticas de atividades dos alunos e professores, bem como os códigos XLM (*Extensible Markup Language*) das grades dos alunos, professores e aulas/atividades.

**Figura 22: Grades horárias em HTML.**

Nome da instituição: Universidade Federal do Acre - UFAC  
 Comentários: Grade Horária do Curso de Sistemas de Informação

[Ver lista de conflitos leves.](#)  
 Ver estatísticas: [alunos](#), [professores](#).  
 Ver XML: [subgrupos](#), [professores](#), [atividades](#).

Universidade Federal do Acre - UFAC

|   | Grade de horários   |                     |                     |                     |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|   | Dias na Horizontal  | Dias na Vertical    | Tempo na Horizontal | Tempo na Vertical   |
| Subgrupos   | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> |
| Grupos  | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> |
| Aulas   | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> |
| Professores   | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> |
| Períodos Livres dos Professores                     | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> | ---                 | ---                 |
| Salas   | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> |
| Disciplinas   | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> |
| Marcadores de Atividade                             | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> |
| Atividades  | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> | <a href="#">ver</a> |
| Horários gerados por FET 5.37.5 em 28/01/2019 18:31 |                     |                     |                     |                     |

**Fonte: Elaboração própria.**

Além disso, o sistema gera um arquivo “.css”, com o qual é possível personalizar o estilo de apresentação das grades horárias contidas nos arquivos “.html”. Apesar da manipulação desse arquivo requerer conhecimento mais técnico

em linguagem de declaração de estilos CSS<sup>8</sup> (*Cascading Style Sheets*), esta é bastante fácil de aprender e entender. Contudo, sua não utilização não gera prejuízos quanto ao aproveitamento das grades geradas pelo FET, podendo estas serem personalizadas através de softwares como *MS Word* e/ou *Excel*, se houver necessidade ou interesse.

Na realização desta pesquisa, optou-se por adequar a grade gerada pelo sistema, ao modelo habitualmente utilizado no curso de SI. Para tanto, foi feita a manipulação do arquivo CSS (como mostra o trecho de código apresentado na Figura 23), através do software livre Notepad++ versão 7.6.2 (Janeiro 2019), e utilizado o editor de textos *MS Word*, resultando na grade disponível no Apêndice B – Grade Horária Automatizada. Convém salientar, acerca da manipulação do arquivo CSS, que esta se deu tão somente pelo interesse em conhecer mais sobre o assunto, uma vez que os mesmos resultados podem ser obtidos só com a utilização do *MS word*.

**Figura 23: Personalização da grade em CSS**

```

19
20  table.odd_table {
21      page-break-before: always;
22  }
23
24  table.even_table {
25      page-break-before: always;
26  }
27
28  table.detailed {
29      margin-left:auto; margin-right:auto;
30      text-align: center;
31      border: 0px;
32      border-spacing: 0;
33      border-collapse: collapse;
34  }
35  caption {
36      display:none;
37  }
38  thead {
39  }
40  tr.foot {
41      display: none;
42  }

```

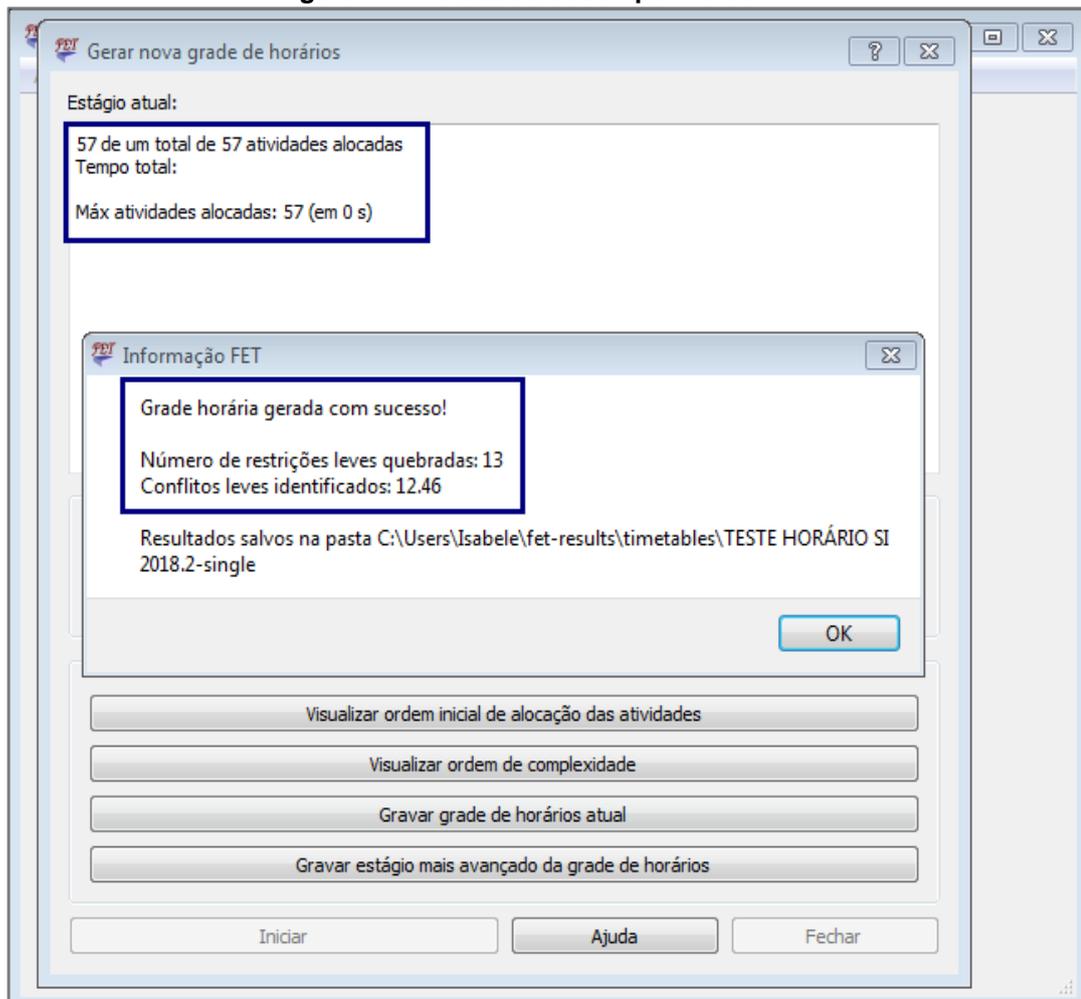
Fonte: Elaboração própria.

<sup>8</sup> <https://www.w3.org/Style/CSS/>

## 4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A grade de horários que foi considerada boa neste trabalho, ou seja, com o resultado mais próximo do pretendido, o qual corresponde à grade com maior semelhança com a elaborada de forma manual e admitida no semestre vigente, (ver Apêndice A – Grade horária oficial do curso de SI (2018.2) – Elaborada manualmente), foi obtida mediante algumas interações (clique no botão “Gerar”). A cada interação o sistema fornecia uma nova grade, levando em torno de 0 (zero) a 2 (dois) segundos para isso. Na Figura 24 consta o desempenho do sistema na sugestão da grade final.

**Figura 24: Índices de desempenho do FET.**

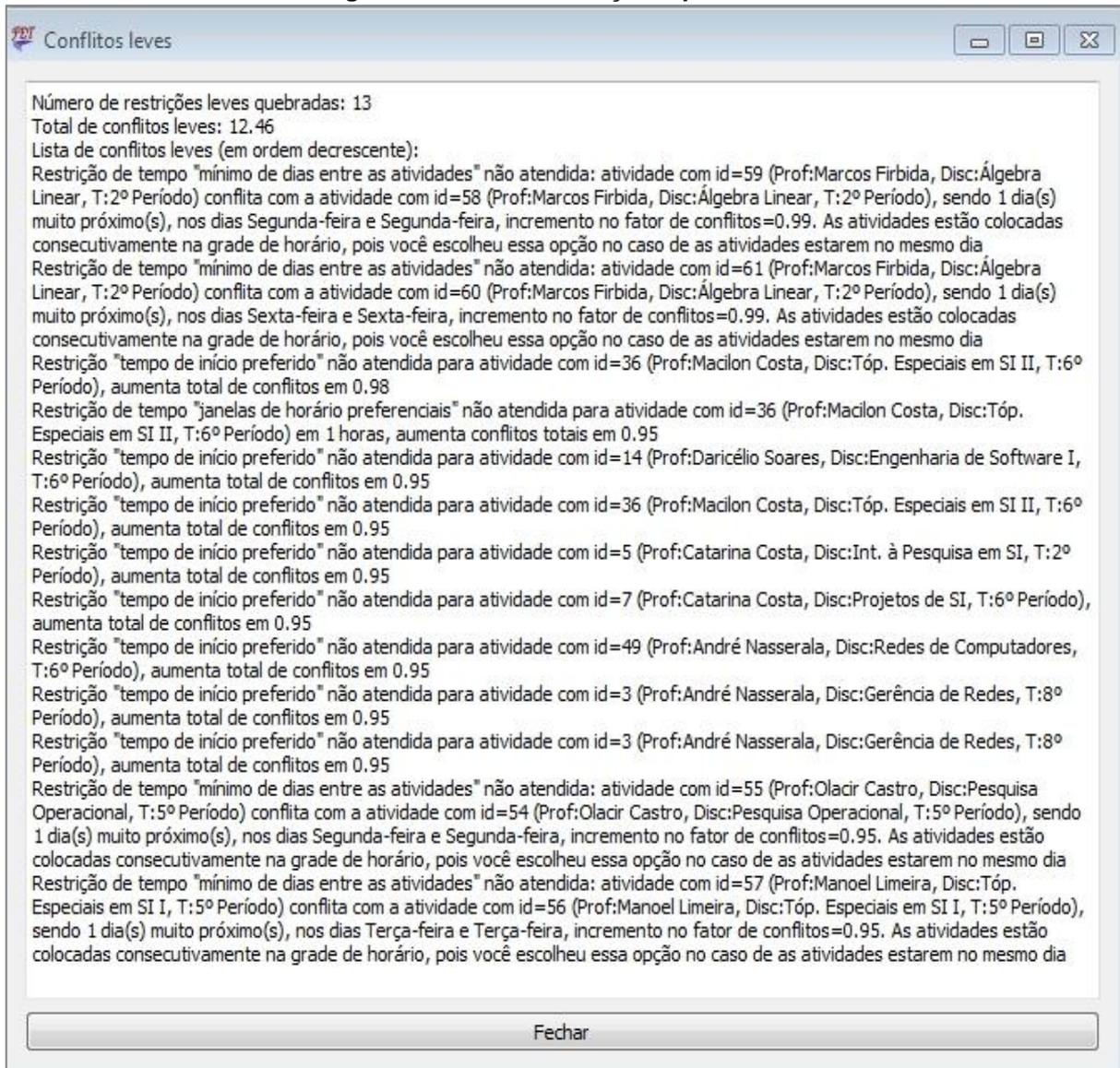


**Fonte: Elaboração própria.**

É possível verificar que o sistema alocou um total de 57 aulas em menos de 1 segundo, tendo feito isso de forma totalmente automática e independente de análise

humana. Obtém-se, ainda, que houve a quebra de 13 (treze) restrições leves (as quais são listadas pelo sistema), o que por sua vez não gerou considerável perda de qualidade dos resultados propostos. A Figura 25 traz a lista dessas restrições.

**Figura 25: Lista de restrições quebradas.**



**Fonte: Elaboração própria.**

Diferentemente do processo manual, a elaboração de grades horarias no FET se mostrou muito independente, necessitando da intervenção humana tão somente para o cadastro e configuração dos dados, de modo a fazer todas as análises e alocações das aulas de forma totalmente autônoma. Para se chegar à essa conclusão, foram analisados e comparados 6 (seis) critérios de desempenho, os

quais foram listados, buscando-se destacar os ganhos com a automatização do processo.

Os resultados da análise foram traduzidos em conceitos, os quais foram atribuídos a partir da satisfação subjetiva do pesquisador (enquanto usuário do sistema), que se deu por meio de testes realizados com o FET, e com base nos resultados apresentados por Barata et al. (2010) na pesquisa intitulada “Problema de alocação de Horários: um Estudo de Caso Utilizando o Software Livre FET”, realizada no curso de Ciência da Computação do Centro Universo Serra dos Órgãos (UNIFESO), em que foi demonstrado que o sistema tornou o processo mais rápido, seguro e eficaz (BARATA et al., 2010).

O Quadro 4, abaixo, apresenta os resultados da análise comparativa entre o processo manual e o processo automatizado. Vale ressaltar que, este quadro, elaborado originalmente por Barata et al. (2010), foi adaptado, acrescentando-se o critério “Conteúdo”, tido como importante nesta pesquisa.

**Quadro 5 - Comparação entre os processos manual e automatizado.**

| <b>Quesito</b>                 | <b>Processo Manual</b> | <b>Processo automatizado (FET)</b> |
|--------------------------------|------------------------|------------------------------------|
| <b>Tempo gasto</b>             | Alguns dias            | Poucos segundos                    |
| <b>Qualidade da solução</b>    | Satisfatória           | Boa                                |
| <b>Facilidade de alteração</b> | Complicada             | Simplificada                       |
| <b>Dependência do usuário</b>  | Total                  | Somente para cadastro              |
| <b>Praticidade</b>             | Pouca ou nenhuma       | Muita                              |
| <b>Conteúdo</b>                | Geral                  | Detalhado                          |

Fonte: Adaptado de Barata et al. (2010).

Analisando cada um dos critérios elencados no Quadro 4, pelo prisma dos dois processos, tem-se as observações que justificaram os resultados atribuídos:

- a) Tempo gasto: o processo manual leva dias para finalizar uma grade horária, principalmente se surgirem novas restrições, enquanto que o processo automatizado leva apenas poucos segundos (realizado o cadastro de todos os dados) para finalizar, diante do mesmo cenário;
- b) Qualidade da solução: no processo manual, de modo geral, quando se chega a um resultado satisfatório, este é aceito, dada a dificuldade de

fazer novas realocações de horários. No processo automatizado, por outro lado, chega-se a resultados ditos melhores (bons), uma vez que o processo de realocação de horários é feito de forma totalmente automática pelo sistema em poucos segundos;

- c) Facilidade de alteração: No processo manual, a alteração de uma grade horária finalizada resulta em um efeito cascata, que por sua vez enseja na necessidade de analisar e reorganizar toda a estrutura desta, o que torna a tarefa muito complicada. No processo automatizado, a simplicidade dessa tarefa se deve ao fato dessa alteração ser realizada de forma totalmente automática e independente de esforço cognitivo;
- d) Dependência do usuário: No processo manual, a elaboração de uma grade de horários depende da atuação do usuário em todos os níveis. No processo automatizado, em contrapartida, depende-se do usuário tão somente para o fornecimento dos dados e manipulação do sistema.
- e) Praticidade: No processo manual, a elaboração da grade horária se mostra pouco prático, tendo em vista o tempo gasto e o grau de dificuldade imposto. O processo automatizado, por outro lado, se mostra muito prático, dado o curto tempo que leva para propor quantas grades horárias forem preciso.
- f) Conteúdo: No processo manual, por via de regra, gera-se apenas uma grade horária geral em que consta apenas o horário das aulas de cada turma/período. No processo automatizado, o conteúdo gerado é muito mais detalhado e amplo, uma vez que são geradas grades horárias individuais de professores, disciplinas, turmas e salas.

Diante do exposto, nota-se que a utilização do sistema FET se mostra uma alternativa viável na busca pela otimização do processo de elaboração das grades horárias do curso de SI da UFAC.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta seção são apresentadas as considerações finais (subseção 5.1) e recomendações para trabalhos futuros (subseção 5.2).

### 5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou o problema referente à elaboração de grades horárias (*Timetabling Problem*) e expôs as dificuldades inerentes à sua resolução pelo modo manual, com o intuito de enfatizar a importância de sua automatização, bem como demonstrou os ganhos com a adoção do software livre FET na elaboração das grades horárias do curso de bacharelado em Sistemas de Informação da Universidade Federal do Acre.

Para tanto, foi realizado um estudo detalhado acerca do problema e seus tipos, a depender do tipo de instituição. Apresentou-se as técnicas computacionais existentes que tratam do problema, bem como alguns algoritmos de cada técnica. Após, apresentou-se os sistemas aSc Timetables, Cronos, Horário Fácil e FET, os quais aparecem entre os mais utilizados para a solução do problema. E seguida foram realizados testes e simulações reais utilizando o sistema para a elaboração automática da grade horária do curso. Os detalhes sobre cada uma das fases do processo foram retratados no estudo de caso.

Este, por sua vez, iniciou-se com a coleta dos dados necessários para a elaboração da grade, a qual foi feita mediante sucessivas entrevistas com a(o) responsável pela elaboração manual da grade horária do curso de SI. Logo após, os dados coletados foram cadastrados e configurados no sistema. Em seguida, procedeu-se com a definição das restrições de cada um dos elementos que compõem a grade para finalmente gerá-las no sistema.

A elaboração de grades horárias por meio do FET se deu a partir da realização de testes e simulações reais que se espelharam na ordem das atividades fixadas na grade vigente do curso de SI, a fim de investigar a viabilidade da sua implantação para a elaboração destas nos próximos semestres.

Apesar da complexidade computacional decorrente do número elementos e restrições, o sistema se mostrou eficiente na resolução do problema, impressionando pela rapidez na propositura das grades horárias, mesmo diante do surgimento de novas restrições. Além disso, demonstrou possuir significativa portabilidade ao apresentar alto desempenho numa máquina com configurações de hardware modesto (8GB de memória RAM, processador Intel Core i5 2,40Ghz).

Em suma, o desempenho do FET em relação ao procedimento manual apresentou vantagens que justificam sua implantação, tais como:

- a) Economia de tempo e de esforço cognitivo;
- b) Maior independência de pessoal para a elaboração das grades;
- c) Maior agilidade na sugestão de soluções diante do surgimento de novas condições conflitantes;
- d) Conteúdo mais completo e detalhado compartilhável.

## **5.2 RECOMENDAÇÕES**

Para trabalhos futuros, sugere-se a utilização dos demais recursos do sistema, a exemplo do cadastro dos espaços (blocos, salas e laboratórios) para que

interessados tenham maior acesso aos horários disponíveis dos espaços, bem como das atividades que estão sendo ou serão realizadas nestes.

Mostra-se pertinente, também, a produção de um manual detalhado de implantação do FET para que este possa vir a ser adotado como ferramenta oficial para a elaboração das grades horárias dos cursos da Universidade Federal do Acre.

Além disso, sugere-se a realização de testes de usabilidade para mensurar a qualidade de interação da interface do FET, diante dos mais diversos usuários que possam vir a utilizá-lo, observando a facilidade de aprendizado desta; a facilidade de memorização de suas tarefas; a produtividade dos usuários na execução de suas tarefas; o *feedback* que esta fornece para prevenção de possíveis erros de operação que o usuário possa cometer; e finalmente, os níveis de satisfação quanto ao desempenho desta.

E finalmente, tendo em vista se tratar de um software livre e de desenvolvimento, sugere-se a implementação de novas funcionalidades e melhorias no sistema, tais como: possibilidade de alteração da grade final a partir do próprio sistema, desenvolvimento de uma funcionalidade que disponibilize opções de formatos de grades e a criação de novos tipos de restrições.

## REFERÊNCIAS

- ASC TIMETABLES. **School Scheduling**. 2019. Disponível em: <<https://www.asctimetables.com/#!/home>>. Acesso em: 26 fev. 2019.
- BARATA, B. M. P. et al. Problema de Alocação de Horários: um Estudo de Caso Utilizando o Software Livre FET. **Revista Eletronica TECEN**, v. 3, n. 2, p. 13–22, 2010.
- BAUTU, Andrei; BAUTU, Elena. **PRACTICAL ASPECTS ON AUTOMATIC GENERATION OF UNIVERSITY TIMETABLES—A CASE STUDY**. 2015.
- BORNIA POULSEN, Camilo José. **Desenvolvimento de um Modelo para o School Timetabling Problem na Meta-Heurística Simulated Annealing**. 2012.
- BUCCO, Guilherme Brandelli. **Construção de um modelo de programação linear para o University Timetabling Problem**. 2014.
- CORMEN, Thomas H. et al. **Introduction to algorithms**. MIT press, 2009.
- CRONOS. **Programa para fazer Horários Escolares**. 2019. Disponível em: <<https://www.cronostimetable.com/#home>>. Acesso em: 25 fev. 2019.
- CRUZ, Tadeu. **Workflow II: a tecnologia que revolucionou processos**. Editora E-papers, 2004.
- CORREIA, Filipe Miguel; O'NEILL, Henrique. **Avaliação da automatização de processos de negócio em serviços partilhados**. 2011.
- DA SILVA RODRIGUES, Jonata; BANHOS FILHO, Francisco Sanches; DE MIRANDA, Cristiano Campos. **Alocando horários de aulas nos cursos de Bacharelado em Sistemas de Informação e Licenciatura em Computação do Campus Universitário Vale do Teles Pires utilizando FET Timetabling – Um estudo**

de Caso. **Anais da Escola Regional de Informática da Sociedade Brasileira de Computação (SBC)–Regional de Mato Grosso**, v. 6, p. 50-55, 2015.

Even, S., Itai, A., Shamir, A. "On the complexity of timetabling and multicommodity flow problems". **SIAM Journal of Computation**, v. 5, pp. 691-703, 1976.

HORÁRIO FÁCIL. **Programa para fazer horário escolar**. 2019. Disponível em: <<http://horariofacil.appspot.com/>>. Acesso em: 26 fev. 2019.

ISO 9241. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs). **ISO 9241**. Switzerland: ISO, 1998.

KARLING, Daniel Antonio; DÖRR, Jéfer Benedett; LISBÔA, Eliana Santana. Concepção de Grade de Horário com Software Livre na Universidade Federal do Paraná–Setor Palotina. In: **II SIMPÓSIO DE LICENCIATURAS EM CIÊNCIAS EXATAS E EM COMPUTAÇÃO – II SLEC,2018**, Palotina, Anais...Palotina: UFPR, 2018.v.1. Disponível em: <http://slec.ufpr.br/anais-2018.html>.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LALESCU, L. **FET Free Timetable Generator**. [S.I.], 2018. Disponível em: <<http://lalescu.ro/liviu/fet/features.html>>. Acesso em: 03 jan. 2019.

MEC. Ministério da Educação (MEC). **Nota Técnica MEC/SE Nº 4/2018– Apuração do custo das Universidades Federais, e sua relação com os respectivos quantitativos de alunos**. Disponível em:<[http://forplad.andifes.org.br/sites/default/files/forplad/comissaoplanejamento/NT\\_04-2018\\_e\\_anexos\\_-\\_apura%C3%A7%C3%A3o\\_do\\_custo\\_das\\_universidades.pdf](http://forplad.andifes.org.br/sites/default/files/forplad/comissaoplanejamento/NT_04-2018_e_anexos_-_apura%C3%A7%C3%A3o_do_custo_das_universidades.pdf)>. Acesso em: 22 nov. 2018.

MOURA, Arnaldo et al. Técnicas metaheurísticas aplicadas à construção de grades horárias escolares. **XXXVI SBPO-O Impacto da Pesquisa Operacional nas Novas Tendências Multidisciplinares**, p. 1319-1330, 2004.

MOREIRA, Bruno William Paim et al.. ANÁLISE PARA IMPLANTAÇÃO OU DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONTROLE DE HORÁRIO ESCOLAR NO IFNMG - CAMPUS PIRAPORA.. In: **Anais do VI Seminário de Iniciação Científica do IFNMG**. Anais...Almenara(MG) IFNMG - Campus Almenara, 2017. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/sic/45713-ANALISE-PARA-IMPLANTACAO-OU-DESENVOLVIMENTO-DE-UM-SISTEMAS-DE-CONTROLE-DE-HORARIO-ESCOLAR-NO-IFNMG---CAMPUS-PIRAPO>>. Acesso em: 11 fev. 2019.

PINTO, Alexandre Guimarães Gavião. Os Princípios mais Relevantes do Direito Administrativo. **Revista da EMERJ**, v. 11, n. 42, 2008.

SCHAERFE, A. "A survey of automated timetabling". **Artificial Intelligence Review**, v. 13, p. 87-127, 1999.

SENGER, H. Algoritmos e estruturas de dados. **Anais do XV Jornada de Atualização em Informática**, p. 78-101, 2003.

SILVA, B. H. **Otimização do quadro de horários de professores através de uma nova abordagem do modelo exato**: estudo de caso do IFPR-Campus Curitiba. 2016.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SOUZA, M.J.F. **Programação de horários em escolas**: uma aproximação por metaheurísticas. Rio de Janeiro: 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

TANOMARU, Julio. Motivação, fundamentos e aplicações de algoritmos genéticos. **II Congresso Brasileiro de Redes Neurais**, p. 373-403, 1995.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE. **Regimento Geral da Universidade Federal do Acre**. Rio Branco, AC, 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE. **Resolução nº 07, de 15 de abril de 2008**. Anexo I. Rio Branco, AC, 2008.

VIEIRA, Felipe; MACEDO, Hendrik. Sistema de alocação de horários de cursos universitários: um estudo de caso no departamento de computação da Universidade Federal de Sergipe. **Scientia Plena**, v. 7, n. 3, 2011.

ZUBOFF, Shoshana. Automatizar/informatizar: as duas faces da tecnologia inteligente. **Revista de administração de empresas**, v. 34, n. 6, p. 80-91, 1994.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A – GRADE HORÁRIA OFICIAL DO CURSO DE SI (2018.2) -  
ELABORADAMANUALMENTE**

| Período | Horário     | Segunda-Feira                     | Terça-Feira                   | Quarta-Feira                      | Quinta-Feira                    | Sexta-Feira                       |
|---------|-------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| 2º      | 07:30-08:20 | Algoritmos e Ling. de Programação | Tópicos de Cálculo I          | Teoria G. de Sistemas             | Tópicos de Cálculo I            | Teoria G. de Sistemas             |
|         | 08:20-09:10 | Jean Gonzaga                      | João Rogério                  | Raoni Simões                      | João Rogério                    | Raoni Simões                      |
|         | 09:20-10:10 | Int. à Pesquisa em SI             | <b>Comp. Organizacional</b>   | Algoritmos e Ling. de Programação | Int. à Pesquisa em SI           | Algoritmos e Ling. de Programação |
|         | 10:10-11:00 | Catarina Costa                    | <b>César Leandro</b>          | Jean Gonzaga                      | Catarina Costa                  | Jean Gonzaga                      |
|         | 13:30-14:20 | Álgebra Linear (OE)               |                               |                                   |                                 | Álgebra Linear (OE)               |
|         | 14:20-15:10 | Marcos Fribida                    |                               |                                   |                                 | Marcos Fribida                    |
|         | 15:20-16:10 | Álgebra Linear (OE)               |                               |                                   |                                 | Álgebra Linear (OE)               |
|         | 16:10-17:00 | Marcos Fribida                    |                               |                                   |                                 | Marcos Fribida                    |
| 4º      | 07:30-08:20 | Ling. de Programação II           | Est. Computacional            | Estrutura de Dados                | Ling. de Programação II         | Estrutura de Dados                |
|         | 08:20-09:10 | Manoel Limeira                    | Eustáquio Machado             | Claudionor Alencar                | Manoel Limeira                  | Claudionor Alencar                |
|         | 09:20-10:10 | Sistemas Operacionais             | <b>Psicologia Aplicada</b>    | Informática e Sociedade           | <b>Sist. de Apoio à Decisão</b> | Sistemas Operacionais             |
|         | 10:10-11:00 | Macilon Costa                     | <b>Enock Pessoa</b>           | Wilker Gadelha                    | <b>Luiz Matos</b>               | Macilon Costa                     |
|         | 11:10-12:00 |                                   | <b>OSM</b>                    |                                   | Est. Computacional              |                                   |
|         | 12:00-12:50 |                                   | <b>César Leandro</b>          |                                   | Eustáquio Machado               |                                   |
| 5º OE   | 07:30-08:20 | Pesquisa Operacional              |                               |                                   |                                 |                                   |
|         | 08:20-09:10 | Olacir Castro                     |                               |                                   |                                 |                                   |
|         | 09:20-10:10 | Pesquisa Operacional              |                               |                                   |                                 |                                   |
|         | 10:10-11:00 | Olacir Castro                     |                               |                                   |                                 |                                   |
|         | 13:30-14:20 |                                   | <b>Tóp. Especiais em SI I</b> |                                   |                                 |                                   |
|         | 14:20-15:10 |                                   | <b>Manoel Limeira</b>         |                                   |                                 |                                   |
|         | 15:20-16:10 |                                   | <b>Tóp. Especiais em SI I</b> |                                   |                                 |                                   |
|         | 16:10-17:00 |                                   | <b>Manoel Limeira</b>         |                                   |                                 |                                   |
|         | 07:30-08:20 | Projetos de SI                    | <b>Banco de Dados II</b>      | Gerência de Projetos              | Projetos de SI                  |                                   |
|         | 08:20-09:10 | Catarina Costa                    | <b>Luiz Matos</b>             | Wilker Gadelha                    | Catarina Costa                  |                                   |
|         | 09:20-10:10 | Engenharia de Software I          | <b>Sociologia</b>             | Redes de Computadores             | Engenharia de Software I        | Redes de Computadores             |

|    |             |                              |                      |                              |                         |                              |
|----|-------------|------------------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 6º | 10:10-11:00 | Daricélio Soares             | Davilson Cunha       | André Nasserála              | Daricélio Soares        | André Nasserála              |
|    | 11:10-12:00 |                              | ASSEMBLEIA DE CENTRO | Prod. e Operações Logísticas | Banco de Dados II       | Prod. e Operações Logísticas |
|    | 12:00-12:50 |                              | ASSEMBLEIA DE CENTRO | Olacir Castro                | Luiz Matos              | Olacir Castro                |
|    |             |                              |                      |                              |                         |                              |
|    | 13:30-14:20 | Tóp. Especiais em SI II      |                      |                              | Tóp. Especiais em SI II |                              |
|    | 14:20-15:10 | Macilon Costa                |                      |                              | Macilon Costa           |                              |
|    |             |                              |                      |                              |                         |                              |
| 8º | 07:30-08:20 | Gestão da Informação         | HORÁRIO BLOQUEADO    | Gerência de Redes            | Gestão da Informação    | Seg. e Auditoria de Sistemas |
|    | 08:20-09:10 | Daricélio Soares             | HORÁRIO BLOQUEADO    | André Nasserála              | Daricélio Soares        | Wilker Gadelha               |
|    | 09:20-10:10 | Seg. e Auditoria de Sistemas | ASSEMBLEIA DE CENTRO | TCC II                       | Empreendedorismo        | Relatório de Estágio         |
|    | 10:10-11:00 | Wilker Gadelha               | ASSEMBLEIA DE CENTRO | Laura Sarkis                 | César Leandro           | Laura Sarkis                 |
|    | 11:10-12:00 |                              | ASSEMBLEIA DE CENTRO | TCC II                       | HORÁRIO BLOQUEADO       | Gerência de Redes            |
|    | 12:00-12:50 |                              | ASSEMBLEIA DE CENTRO | Laura Sarkis                 | HORÁRIO BLOQUEADO       | André Nasserála              |
|    |             |                              |                      |                              |                         |                              |
|    | 13:30-14:20 |                              |                      | Sistemas Multimídia          |                         | Sistemas Multimídia          |
|    | 14:20-15:10 |                              |                      | Raoni Simões                 |                         | Raoni Simões                 |
|    | 15:20-16:10 |                              |                      | TCC II                       |                         |                              |
|    | 16:10-17:00 |                              |                      | Laura Sarkis                 |                         |                              |

**APÊNDICE B – GRADE HORÁRIA ELABORADA ATRAVÉS DO SISTEMA FET**

| Universidade Federal do Acre - UFAC |   |  |   |   |   |
|-------------------------------------|---|--|---|---|---|
| 2º Período                          |   |  |   |   |   |
|                                     | Segunda-feira                                 | Terça-feira                                    | Quarta-feira                              | Quinta-feira                                  | Sexta-feira                                       |
| 07:30<br>09:10                      | Algoritmos e Ling. de Programação             | Tópicos de Cálculo I<br>João Rogério           | Teoria G. de Sistemas<br>Raoni Simões     | Tópicos de Cálculo I<br>João Rogério          | Teoria G. de Sistemas<br>Raoni Simões             |
| 09:20<br>11:00                      | Int. à Pesquisa em SI<br>Catarina Costa       | Comp. Organizacional<br>Cesar Leandro          | Algoritmos e Ling. de Programação         | Int. à Pesquisa em SI<br>Catarina Costa       | Algoritmos e Ling. de Programação<br>Jean Gorzaga |
| 11:10<br>12:50                      | —   | —  | —   | —   | —   |
| 13:30<br>15:10                      | Álgebra Linear<br>Marcos Fribida              | —  | —   | —   | Álgebra Linear<br>Marcos Fribida                  |
| 15:20<br>17:00                      | Álgebra Linear<br>Marcos Fribida              | —  | —   | —   | Álgebra Linear<br>Marcos Fribida                  |
| 4º Período                          |   |  |   |   |   |
|                                     | Segunda-feira                                 | Terça-feira                                    | Quarta-feira                              | Quinta-feira                                  | Sexta-feira                                       |
| 07:30<br>09:10                      | Linguagem de Programação II<br>Manoel Limeira | Estatística Computacional<br>Eustáquio Machado | Estrutura de Dados<br>Claudionor Alencar  | Linguagem de Programação II<br>Manoel Limeira | Estrutura de Dados<br>Claudionor Alencar          |
| 09:20<br>11:00                      | Sistemas Operacionais<br>Maclon Costa         | Psicologia Aplicada<br>Enock Pessoa            | Sist. de Apoio à Decisão<br>Lutz Malos    | Informática e Sociedade                       | Sistemas Operacionais<br>Maclon Costa             |
| 11:10<br>12:50                      | —   | Org. Sist. e Métodos<br>Cesar Leandro          | —   | Estatística Computacional                     | —   |
| 13:30<br>15:10                      | —   | —  | —   | —   | —   |
| 15:20<br>17:00                      | —   | —  | —   | —   | —   |
| 5º Período (OE)                     |   |  |   |   |   |
|                                     | Segunda-feira                                 | Terça-feira                                    | Quarta-feira                              | Quinta-feira                                  | Sexta-feira                                       |
| 07:30<br>09:10                      | Pesquisa Operacional<br>Olaci Castro          | —  | —   | —   | —   |
| 09:20<br>11:00                      | Pesquisa Operacional<br>Olaci Castro          | —  | —   | —   | —   |
| 11:10<br>12:50                      | —   | —  | —   | —   | —   |
| 13:30<br>15:10                      | —   | Tóp. Especiais em SI I<br>Manoel Limeira       | —   | —   | —   |
| 15:20<br>17:00                      | —   | Tóp. Especiais em SI I<br>Manoel Limeira       | —   | —   | —   |
| 6º Período                          |   |  |   |   |   |
|                                     | Segunda-feira                                 | Terça-feira                                    | Quarta-feira                              | Quinta-feira                                  | Sexta-feira                                       |
| 07:30<br>09:10                      | Projetos de SI<br>Catarina Costa              | Banco de Dados II<br>Lutz Malos                | Gerência de Projetos<br>Wilker Gadelha    | Projetos de SI<br>Catarina Costa              | Engenharia de Software I<br>Darioéllo Soares      |
| 09:20<br>11:00                      | Engenharia de Software I<br>Darioéllo Soares  | Sociologia<br>Davilson Cunha                   | Redes de Computadores<br>André Nasseralla | —   | Redes de Computadores<br>André Nasseralla         |
| 11:10<br>12:50                      | Banco de Dados II<br>Lutz Malos               | —  | Prod. e Operações Logísticas              | —   | Prod. e Operações Logísticas<br>Olaci Castro      |
| 13:30<br>15:10                      | Tóp. Especiais em SI II<br>Maclon Costa       | —  | Tóp. Especiais em SI II<br>Maclon Costa   | —   | —   |
| 15:20<br>17:00                      | —   | —  | —   | —   | —   |
| 8º Período                          |   |  |   |   |   |
|                                     | Segunda-feira                                 | Terça-feira                                    | Quarta-feira                              | Quinta-feira                                  | Sexta-feira                                       |
| 07:30<br>09:10                      | Gestão da Informação<br>Darioéllo Soares      | —  | Relatório de Estágio<br>Laura Costa       | TCC II<br>Laura Costa                         | Gerência de Redes<br>André Nasseralla             |
| 09:20<br>11:00                      | Empreendedorismo<br>Cesar Leandro             | —  | Seg. e Auditoria de Sistemas              | Gerência de Redes<br>André Nasseralla         | TCC II<br>Laura Costa                             |
| 11:10<br>12:50                      | —   | —  | Gestão da Informação<br>Darioéllo Soares  | —   | Seg. e Auditoria de Sistemas<br>Wilker Gadelha    |
| 13:30<br>15:10                      | —   | TCC II<br>Laura Costa                          | Sistemas Multimídia<br>Raoni Simões       | —   | Sistemas Multimídia<br>Raoni Simões               |
| 15:20<br>17:00                      | —   | —  | —   | —   | —   |