

## UMA FERRAMENTA DE ENSINO PARA APLICAÇÃO DA COORDENAÇÃO MODULAR NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS

**Roberto Racanicchi** – rracanicchi@uol.com.br

Universidade Camilo Castelo Branco, Faculdade de Engenharia e Tecnologia  
Estrada Projetada F1, s/n, Fazenda Santa Rita  
15600-000 – Fernandópolis – São Paulo

**Edson Florentino de Souza** – deaec@uol.com.br

Universidade Camilo Castelo Branco, Faculdade de Engenharia e Tecnologia  
Estrada Projetada F1, s/n, Fazenda Santa Rita  
15600-000 – Fernandópolis – São Paulo

***Resumo:** O profissional de engenharia de estruturas necessita incorporar o microcomputador como uma ferramenta de trabalho corriqueira, de modo a manter a qualidade e a competitividade de seu trabalho. Frente a esse fato, apresenta-se como necessidade constante, o desenvolvimento de programas de computador que possibilite efetuar testes de modulação com posterior saída gráfica da solução adotada. O artigo apresenta uma solução automatizada, com o desenvolvimento de rotinas dentro do ambiente AutoCAD 2004 em linguagem de programação AutoLISP, objetivando sua utilização como recurso educacional que permita, para tópicos das disciplinas de Construções de Concreto e Construção Civil, um estudo preliminar da estrutura de edifícios de alvenaria estrutural de blocos de concreto; contemplando a automatização da fase de lançamento estrutural e a busca da solução otimizada dentro da aplicação da técnica de coordenação modular. A interação usuário/programa é otimizada com a apresentação dos ícones e caixas de diálogo, dessa forma, o trabalho despendido no estudo da definição estrutural e na aplicação da técnica de coordenação modular, premissa básica nesse tipo de projeto, deverá ser consideravelmente reduzido, sendo também minimizada a probabilidade de ocorrência de erros. Com a planta de arquitetura disponível, o programa desenvolvido neste trabalho apresenta uma solução de modulação com uma simples seleção do objeto a se modular. Nesta etapa, o programa limita-se em solucionar apenas situações em que os blocos de concreto utilizados possuam dimensões múltiplas. Ao término do projeto, o usuário terá um conjunto de modulações da primeira, segunda, terceira e quarta fiada.*

***Palavras-chave:** Ensino de engenharia, Automatização, Alvenaria estrutural e Blocos.*

### 1. INTRODUÇÃO

Na concepção de projetos em alvenaria estrutural existe uma forte interdependência entre os vários projetos que fazem parte de uma obra, pois a parede além da função estrutural é também um elemento de vedação e deve conter os elementos hidráulicos e elétricos.

O fato da unidade básica, o bloco, possuir dimensões conhecidas e de pequena variabilidade, também possibilita que se aplique a técnica de coordenação modular, que consiste, simplificada, em modular todas as dimensões da obra, verticais e horizontais, como múltiplo do módulo básico do bloco, prevendo as armações, necessidades estruturais e

demais instalações, de modo a evitar cortes e desperdícios na execução da obra, constituindo-se em etapa fundamental da racionalização como um todo, como propõe ACCETTI (1998).

Portanto, ao projetista de obras de alvenaria estrutural não cabe somente conhecer a técnica construtiva e o controle destas construções, como, por exemplo, prevê a NBR 8798 (1985) para execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto.

O ato de projetar o sistema estrutural, fazendo o dimensionamento dos elementos estruturais ou a verificação dos mesmos, passa por algumas etapas distintas que se repetem para cada obra.

A etapa de coordenação modular é feita muitas vezes através de um processo de tentativas, em função dos tipos de unidades a serem empregadas, o que exige do projetista significativa parcela de tempo na busca da melhor solução em termos de racionalização do projeto como um todo. A própria marcha de cálculo é constituída por rotinas que se repetem inúmera vez, de forma a permitir a análise final dos elementos resistentes.

O programa apresentado possibilita efetuar vários testes de modulação e apresenta o resultado final com uma excelente definição gráfica, com grande redução de tempo em relação ao processo tradicional. No desenvolvimento do presente trabalho, procurou-se utilizar CAD de alto nível que oferecem uma linguagem de programação para auxiliar os usuários a personalizarem seus sistemas.

O *AutoCAD 2004* permite a programação em *AutoLISP*. Foram desenvolvidos ícones para a execução do programa dentro do ambiente do *AutoCAD 2004*, facilitando a entrada de dados e minimizando a probabilidade de eventuais erros numéricos, evitando problemas no cálculo e na própria modulação do projeto.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

Este programa é capaz de solucionar problemas de modulação para blocos de concreto com dimensões modulares múltiplas, por exemplo: 15x30 ou 20x40 centímetros, além de considerar, sempre, a altura padrão igual a 20 centímetros, como, por exemplo, prevê a NBR 6136 (1994) que trata de blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural.

Apresenta-se uma solução automatizada rapidamente, proporcionando ao usuário uma considerável redução de tempo e trabalho na aplicação da técnica da coordenação modular aplicada a projetos de edifícios de alvenaria estrutural de blocos de concreto.

### **2.1 Utilização do programa**

A utilização deste programa inicia-se acionando na barra de menu superior denominado “Alvenaria Estrutural”, a opção “Novo Projeto”, “Figura 1”. Logo, com apenas um clique nesta opção, o programa será executado automaticamente criando-se uma “Palheta de Ferramentas” denominada “Novo.Projeto”, “Figura 2”, com opções de “Configurações Inicias”, “Definir Formato da Prancha”, “Reeditar Atribuições do Carimbo”, “Adequar Projeto Arquitetônico”, “Dados Gerais do Projeto” e “Família de Blocos”.

Analogamente, acionando na barra de menu superior denominado “Alvenaria Estrutural”, a opção “Modulações”, “Figura 3”, será criada uma “Palheta de Ferramentas” denominada “Modulação”, com opções de “Modulação”, “Numerar Paredes”, “Desfazer”, “Visualizar 3D”, “Visualizar 1 Fiada” e “Arquitetônico + Modulação”.

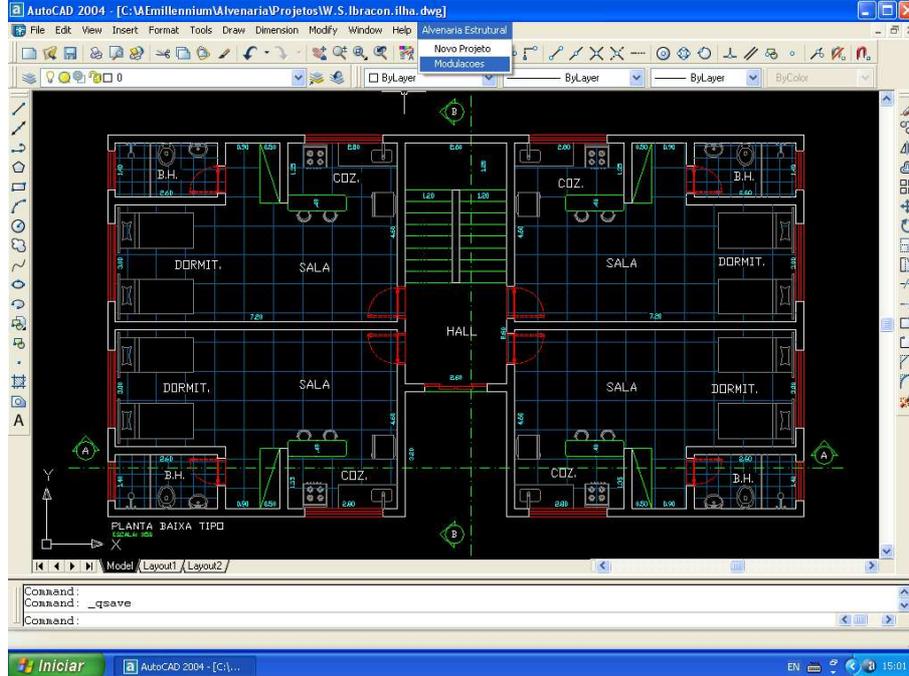


Figura 1 – Menu superior denominado “Alvenaria Estrutural”.

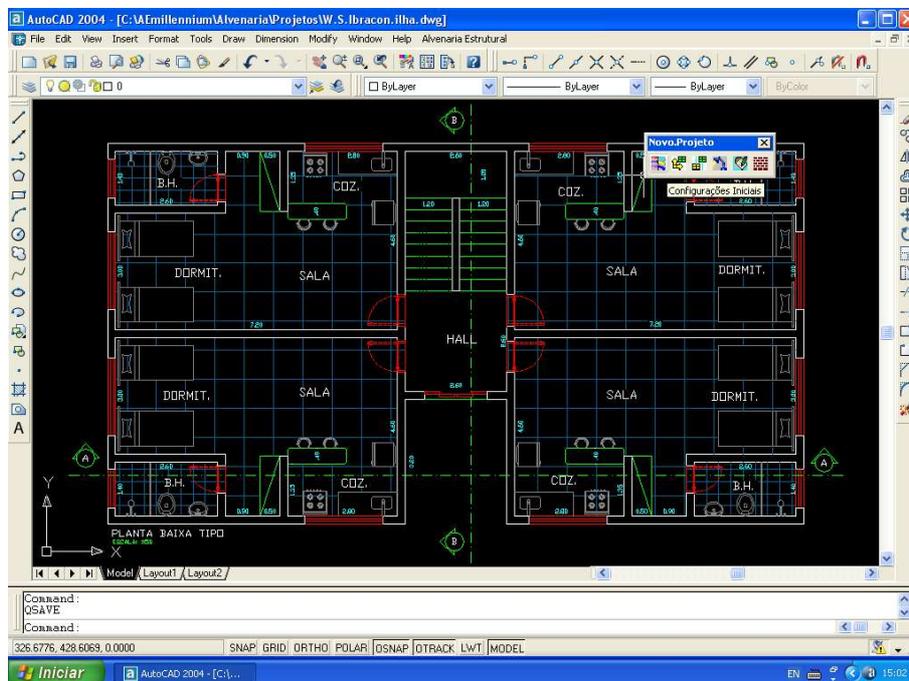


Figura 2 – Palheta de ferramentas “Novo projeto”.

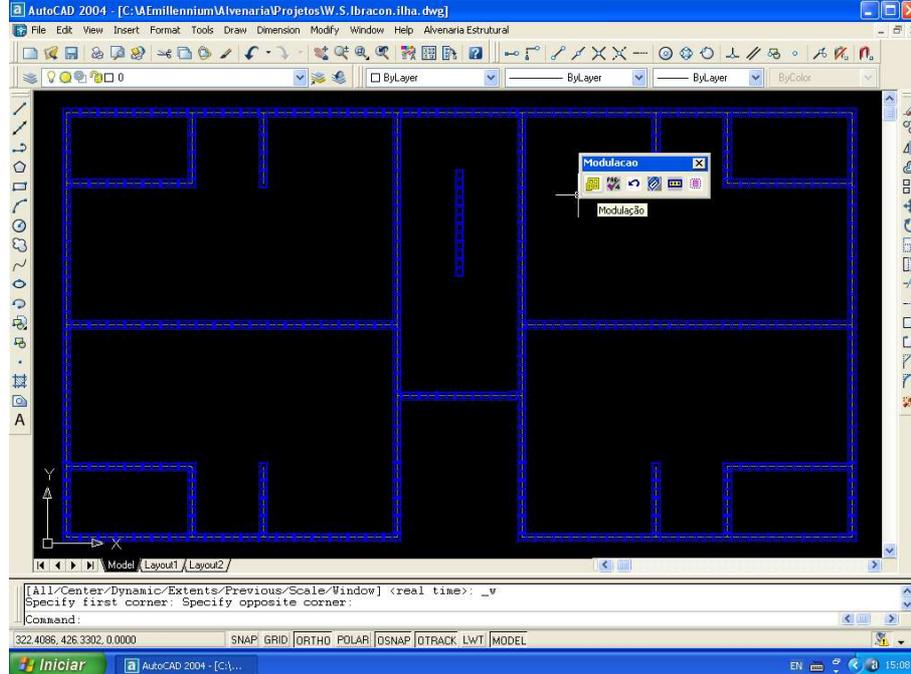


Figura 3 – Palheta de ferramentas “Modulações”.

### ***Palheta de Ferramentas “Novo.Projeto”***

Na opção “Configurações Iniciais”, “Figura 2”, ao acionar este ícone, uma rotina deste programa configurará todos os itens relativos aos desenhos do projeto de edifício em alvenaria estrutural de blocos de concreto. São configurados automaticamente todos os *layers*, as configurações para introdução de cotas, limites da tela e algumas variáveis do programa *AutoCAD 2004*, para que se possa iniciar o projeto.

O primeiro passo para utilização do programa é definir as dimensões da prancha de desenho, as atribuições do carimbo e a escala do desenho. Com um clique no ícone denominado “Define Formato da Prancha”, o programa apresenta os formatos A0, A1, A2, A3 e A4 para a escolha e inserção da prancha escolhida no desenho. A opção de escala deve ser informada sempre como um valor inteiro e o segundo número da notação usualmente conhecida, exemplo: 1:50. As medidas do desenho apresentam-se na unidade metro.

Logo quando a prancha é escolhida, uma caixa de diálogos automaticamente aparece para que as atribuições do carimbo sejam preenchidas ou não. O carimbo pode ser preenchido completando-se as lacunas em branco das opções: data, escala, folha, ordem interessado, obra e assunto. E então a prancha completa é inserida no desenho.

Caso o preenchimento do carimbo não possa ser preenchido no instante, a caixa de diálogos pode ser cancelada com a opção *Cancel*.

Ao cancelar a caixa de diálogos de atribuição do carimbo da prancha de desenho, o carimbo da prancha inserida permanece em branco. Assim quando for necessário reeditar estas atribuições basta acionar o ícone “Reeditar Atribuições do Carimbo” e selecionar a prancha na tela que a caixa de diálogos de atribuições será mostrada novamente e os dados do carimbo poderão ser completados ou modificados.

A propósito, estas alterações podem ser feitas em qualquer etapa do desenvolvimento do projeto. Inserido um projeto arquitetônico na prancha de desenho atual, no formato “dwg” ou “dxf”, pode-se adequá-lo utilizando-se o ícone “Adequar Projeto Arquitetônico”, “Figura 4”.

Selecionado o desenho, esta rotina o converte automaticamente de maneira que o usuário possa iniciar a modulação do projeto utilizando como base o próprio desenho sem que este sofra qualquer alteração. Os *layers* utilizados pelo projetista serão transformados no *layer* “arquitetura”.

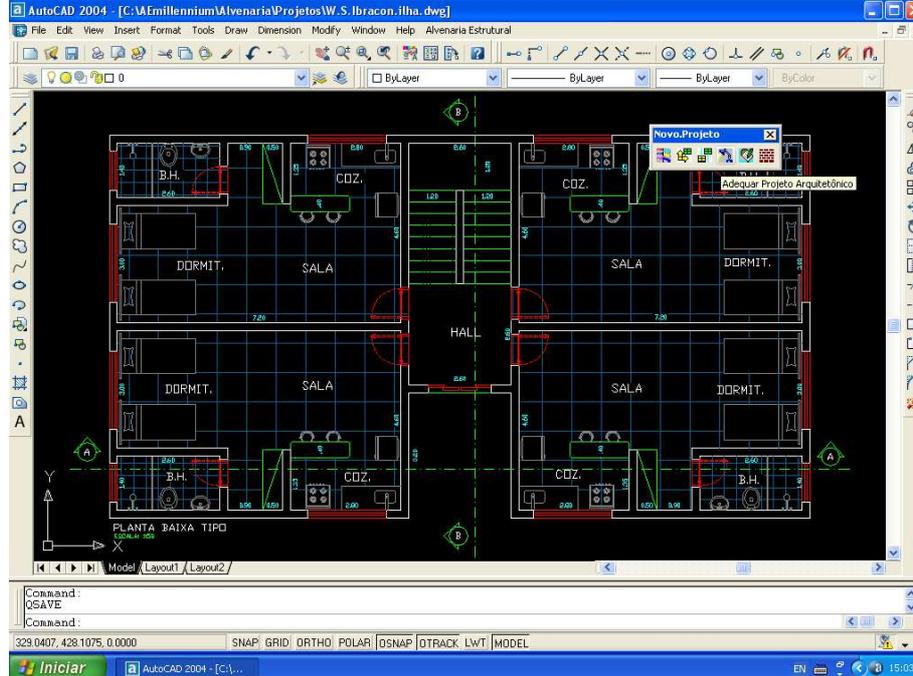


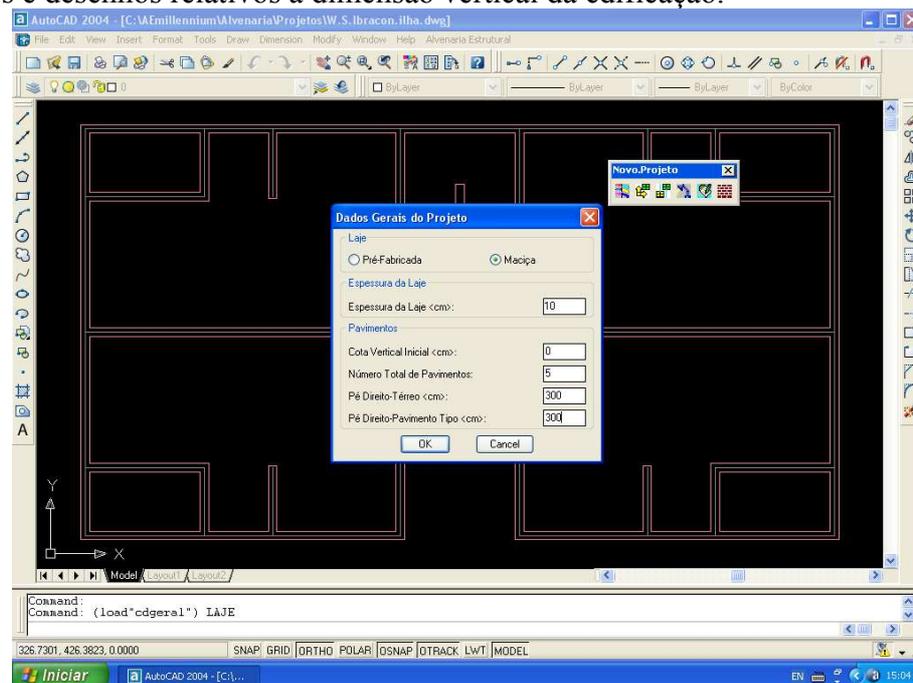
Figura 4 – Adequar projeto arquitetônico.

No ícone, “Dados Gerais do Projeto“, “Figura 5”, inicia-se as definições de projeto de maneira que o usuário deverá informar, como decisão de projeto, as características da laje e as características do projeto em alvenaria estrutural de blocos de concreto.

As definições de projeto iniciam-se com a escolha do tipo de laje utilizada. Deve-se acionar a opção de laje desejada, que o tipo de laje escolhida será armazenada para uso em todas as etapas do projeto. De maneira análoga o valor da espessura da laje, cota inicial vertical, pé direito do térreo e pé direito do pavimento tipo serão definidos para todo o projeto e deverão ser expressos sempre em centímetros, “Figura 5”.

Vale salientar que uma vez salvo o desenho no programa *AutoCAD 2004*, todas as informações serão armazenadas em arquivos específicos para este tipo de informação e serão resgatados quando o arquivo do desenho for reaberto em outra oportunidade. Estas definições são utilizadas em todo projeto.

Caso o usuário necessite alterar qualquer dado nesta caixa de diálogos, conforme as necessidades de projeto, devem-se refazer todos os passos relativos ao dimensionamento, verificações e desenhos relativos à dimensão vertical da edificação.



O usuário deve definir na caixa de diálogos relativa ao ícone “Família de Blocos”, “Figura 6”, os tipos de blocos de concreto a serem utilizados no projeto que se deseje modular. Os blocos apresentados são os encontrados comercialmente, de acordo com alguns fabricantes que se destacam neste mercado, dentre eles podemos destacar os seguintes blocos: (19x19x39)cm e (19x19x19)cm, (14x19x29)cm e (14x19x14)cm.

Podem-se criar novos blocos, formando uma família de blocos com blocos inteiros e meios blocos para que a aplicação da técnica da coordenação modular possa ser utilizada com êxito. Nesta caixa de diálogos deve-se definir também que tipo de bloco será usado no respaldo das alvenarias.

Caso o usuário opte pela utilização de blocos tipo “U” deve-se marcar nesta caixa de diálogo a opção “1” e caso o usuário opte pela utilização de blocos tipo “J” deve-se marcar nesta caixa de diálogo a opção “2”. Nota-se que quando o usuário escolhe a opção “1”, a altura do pé direito deve ser múltipla da altura do bloco e quando o usuário escolhe a opção “2”, a altura do pé direito deve ser múltipla da metade da altura do bloco.

Também nesta caixa de diálogos devem-se informar dados sobre os grampos e grautes.

Estes dados são utilizados adiante pelo programa. É necessário informar o valor do fgk (kN/cm<sup>2</sup>) do graute, o diâmetro das barras utilizadas para grampos, em milímetros, de quantas em quantas fiadas são utilizados estes grampos e o tipo de aço utilizado, “Figura 6”.

Os últimos itens armazenam informações para aprimoramentos futuros deste programa.

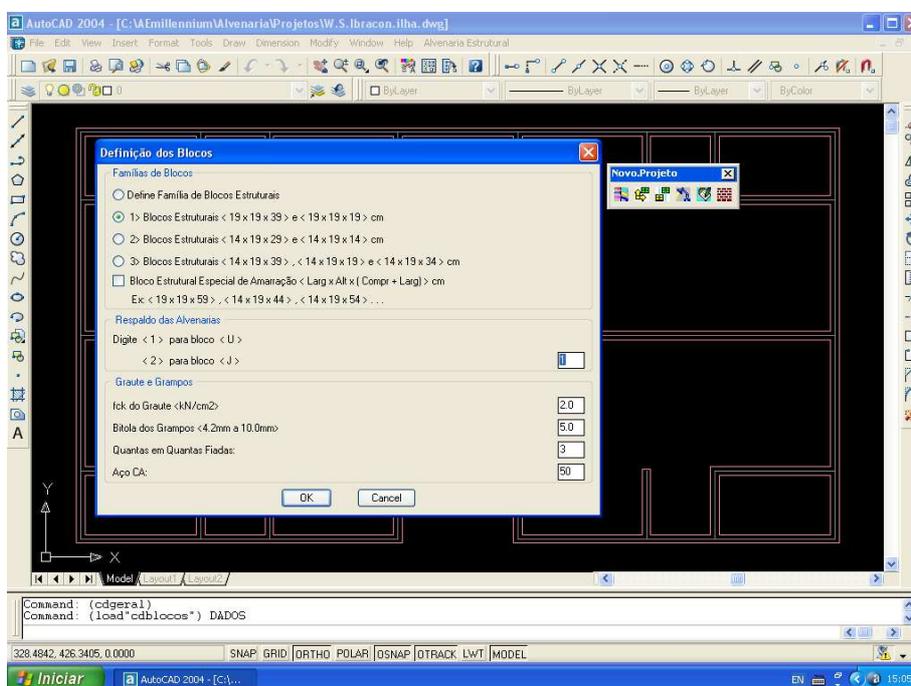


Figura 6 – Família de blocos.

### ***Palheta de Ferramentas “Modulações”***

A utilização desta rotina tem início com um clique na barra de menu superior denominado “Alvenaria Estrutural”, seguido da opção “Modulações”, “Figura 1”.

Logo, com um clique nesta opção, o programa será executado automaticamente criando-se uma “Palheta de Ferramentas” denominada “Modulação”, “Figura 7”. Neste item é possível aplicar a técnica da coordenação modular na dimensão horizontal do projeto, executando-se os elementos estruturais como múltiplo do módulo básico do bloco, prevendo as armações, necessidades estruturais e demais instalações, de modo a evitar cortes e desperdícios na execução da obra.

Aciona-se o ícone “Modulação” e o programa solicita que o usuário selecione a planta de arquitetura preparada anteriormente. O programa, em questão de segundo, dependendo das

dimensões do projeto, apresenta uma solução automatizada do projeto em alvenaria estrutural de blocos de concreto.

O segundo item desta nova etapa do trabalho compreende em discriminar a posição de cada elemento (blocos) em coordenadas cartesianas e definir uma numeração básica das paredes em questão. Para tal, aciona-se o ícone denominado “Numerar Paredes” e conseqüentemente as paredes estruturais são numeradas, “Figura 7”. Ao selecionar o projeto de arquitetura, o programa armazena todas as informações necessárias para efetuar esta ação.

Em qualquer instante do desenvolvimento do projeto, a modulação pode ser visualizada tridimensionalmente, acionando o ícone “Visualizar 3D”. Conseqüentemente, o usuário pode visualizar a 1a. fiada do projeto acionando o ícone “Visualizar 1 Fiada”, “Figura 8”.

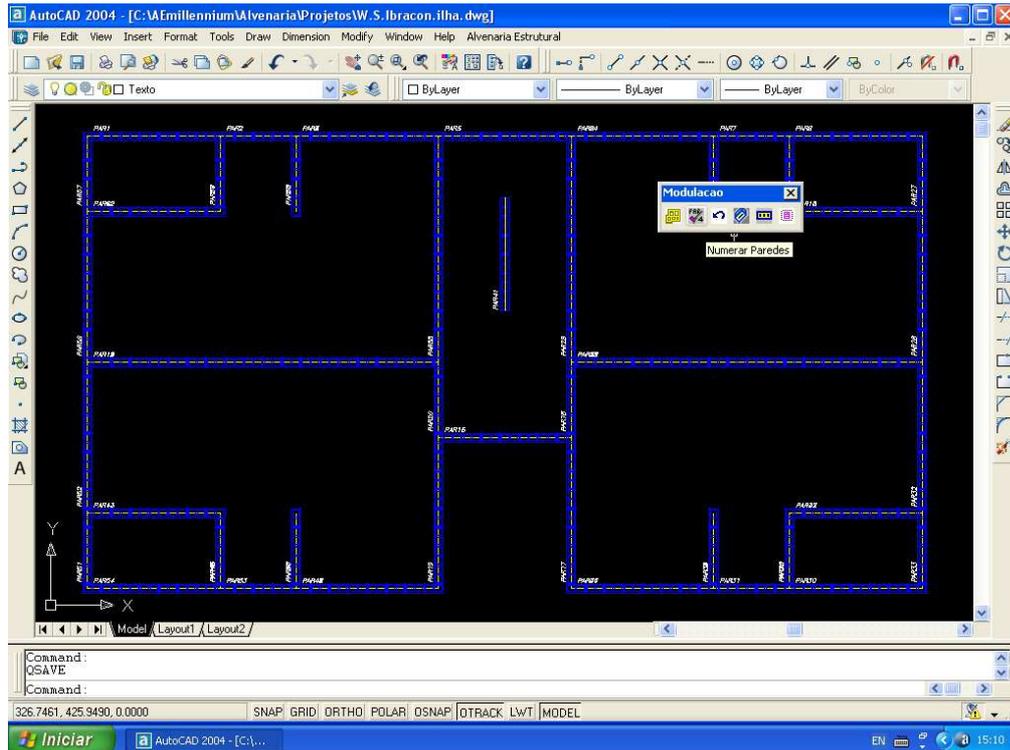


Figura 7 – Modulação.

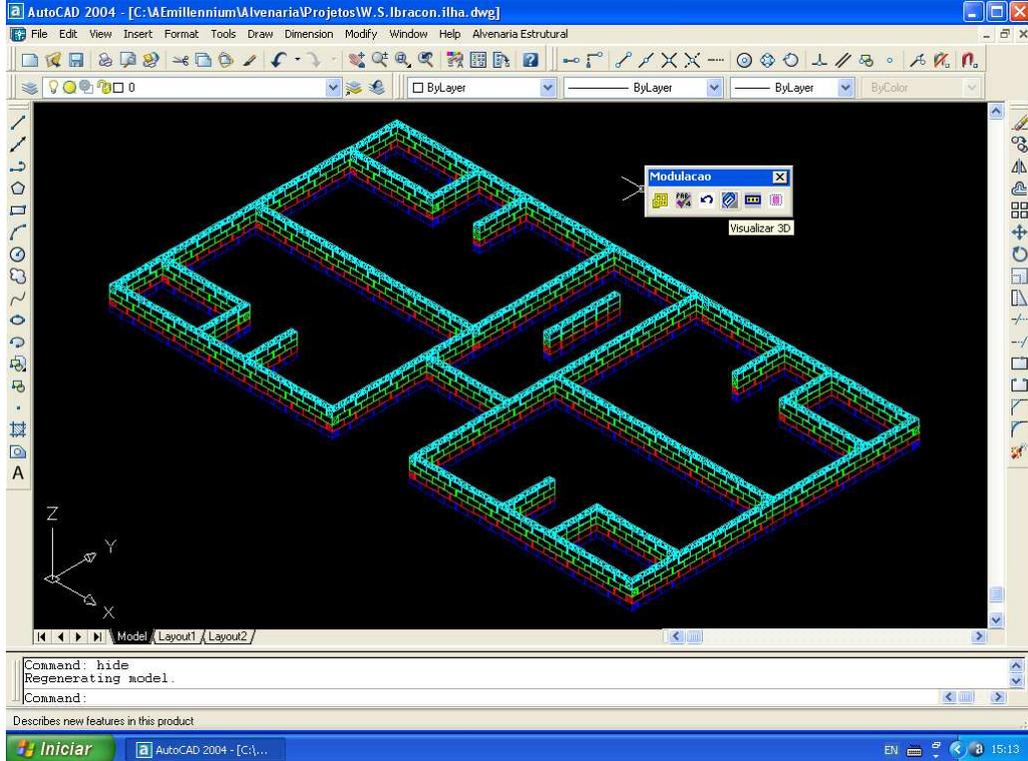


Figura 8 – Modulação em vista tridimensional.

A visualização tridimensional, assim como a visualização do projeto arquitetônico sobreposto com o projeto modulado, este último pode ser visualizado acionando o ícone “Arquitetônico + Modulação”, “Figura 9”, fornece ao usuário a possibilidade de analisar de maneira satisfatória o resultado fornecido pelo programa.

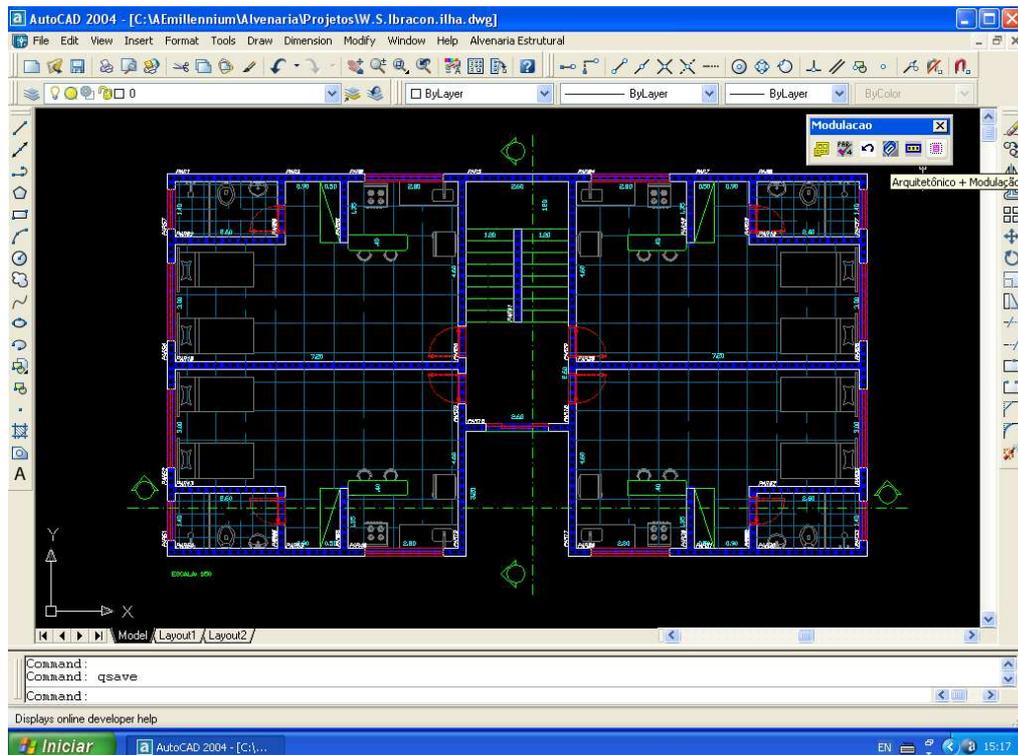


Figura 9 – Modulação em vista conjunta com o projeto de arquitetura.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O programa apresentado é um aperfeiçoamento do programa desenvolvido pelo primeiro autor deste trabalho, em sua dissertação de mestrado, RACANICCHI (2001). O fato é que na época o programa não realizava a coordenação modular do projeto de alvenaria estrutural de blocos, de maneira totalmente automatizada.

A automatização completa da aplicação da técnica da coordenação modular apresentada neste trabalho, vem de encontro com uma série de aperfeiçoamentos que qualquer programa desenvolvido necessita desenvolver.

Nos dias de hoje, ainda o principal problema para se elaborar rotinas para as caixas de diálogos (*Dialog Box*) é a falta de literatura especializada. A interação entre os dados dos arquivos com extensão DCL e os arquivos com extensão LSP (*AutoLISP*) é um fator que consome uma boa parcela de tempo no desenvolvimento de programas deste tipo.

Conclui-se que o tratamento gráfico automatizado da coordenação modular de projetos de edifício de alvenaria estrutural de blocos de concreto proporcionam melhorias consideráveis em rapidez, produtividade e confiabilidade no projeto em qualquer fase e situação.

Outro ponto importante na automatização da coordenação modular, é que na entrada de dados, se houver erros, esses são acusados pelo programa instantaneamente, impossibilitando-se executar o próximo passo do projeto sem que os dados introduzidos estejam corretos, excluindo-se a possibilidade do acúmulo de erros.

Os *layers* são controlados automaticamente, as rotinas utilizam os nomes dos *layers* e não suas cores. Assim, estas cores podem ser alteradas pelo usuário, os nomes não.

As correções e alterações na modulação também são facilmente executadas, pois se torna mais simples apagar uma parede e inseri-la de uma forma mais conveniente, sem se preocupar com as fiadas seguintes que são arranjadas automaticamente, o programa possui uma biblioteca de encontros previamente definidos.

Se alguém se interesse em desenvolver algum trabalho em *AutoLISP*, é essencial conhecer o comando “SSGET” e suas variáveis, este comando controla todo tipo de dados gráficos dos elementos constituintes de um desenho elaborado no *AutoCAD 2004*.

A tendência da engenharia de projetos é automatizar o quanto possível o seu desenvolvimento. Este trabalho obteve resultados plenamente satisfatórios no que diz respeito ao detalhamento de desenhos de projetos e inclusive armazenando dados que são essenciais para o processo de cálculo estrutural, que será aperfeiçoado em um futuro próximo.

A facilidade de operação e modificação que este programa oferece, proporciona ao usuário uma grande confiabilidade no resultado final do projeto, além de oferecer ao seu cliente uma apresentação gráfica de excelente qualidade.

Com a planta de arquitetura disponível, o programa desenvolvido neste trabalho apresenta uma solução de modulação com uma simples seleção do objeto a se modular.

Nesta etapa do trabalho, o programa limita-se em solucionar apenas situações em que os blocos de concreto utilizados possuam dimensões múltiplas.

Ao término do projeto, o usuário terá um resultado de qualidade e todo um conjunto modulações, da primeira, segunda, terceira e quarta fiada. O trabalho de desenvolver rotinas computacionais para solucionar problemas do gênero são constantes, principalmente pelo advento dos programas computacionais que são constantemente atualizados/aperfeiçoados, transformando as rotinas em uma espécie de anti-vírus, um vírus é lançado e o anti-vírus o vacina.

### ***Agradecimentos***

A Universidade Camilo Castelo Branco, pelo apoio prestado, na forma de incentivo profissional e financeiro, para o desenvolvimento deste trabalho.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ACCETTI, K. M. **Contribuições ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural**. Rio de Janeiro: NBR 6136, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Rio de Janeiro: NBR 8798, 1985.

RACANICCHI, R. **Automatização gráfica e de procedimentos básicos para projetos de edifícios de alvenaria estrutural de blocos**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

RACANICCHI, R.; CAMACHO, J.S. Graphic automation of design of masonry building made of structural blocks. In: AUSTRALASIAN MASONRY CONFERENCE, 6,2001, Adelaide, Australia, 12-13 July 2001. **Proceedings**. Adelaide, South Austrália: Adelaide University.

## **A TEACHING TOOL TO BE APPLIED TO MODULAR COORDINATION BY DEVELOPING PROJECTS OF STRUCTURAL MASONRY BLOCKS**

***Abstract:** To practice Structural Engineering professionally nowadays, microcomputers are required as everyday tools in a way of reducing the amount of work and the time as well as providing better quality of work, so the engineer needs to incorporate it to keep the competitiveness in his work. Consequently it is also necessary to constantly develop computer programs, which enable to take modulation tests providing graphics for the applied solution. Because of that, this paper presents an automated solution by developing routines at AutoCAD 2004 in AutoLISP programming language as an educational resource for both subjects Concrete and Civil Constructions in order to (pre) study the structure of buildings made by structural masonry of concrete blocks. It also includes automation of the phase of the structural launching and the search for the optimized solution in applying the modular coordination technique. Since the interaction between the user and the program is optimized by the icons and dialogue boxes, the time spent studying structural definition and applying the modular coordination technique is expected to be considerably reduced and so is the margin for errors, which is the basic premise of this kind of project. Once the architectural plan is available, the program here developed presents a modular solution through a simple selection of the object to be modulated. In this phase the program just tries to solve situations when the multi-dimensioned concrete blocks are used. At the end of the project the user will have a set of modulation of the first, second, third and fourth levels.*

**Key- words:** *Engineering Teaching, Automation; Structural Masonry*