

## **Análise do impacto das decisões de projeto na gestão de produção**

Alfredo Iarozinski Neto (PUC/PR) [alfredo.neto@pucpr.br](mailto:alfredo.neto@pucpr.br)  
Osiris Canciglieri Junior (PUC/PR) [osiris.canciglieri@pucpr.br](mailto:osiris.canciglieri@pucpr.br)

### **Resumo**

*Face à crescente globalização do mercado a área de desenvolvimento de novos produtos vem sofrendo grandes alterações do ponto de vista metodológico. O setor de engenharia é um dos mais cobrados devido ao sistema competitivo imposto pelas empresas. Nesse sentido é necessário criar novos meios voltados para a melhoria do desenvolvimento de produtos de modo a minimizar o impacto negativo das decisões de projeto no funcionamento do sistema de gestão da produção e logística. A partir de uma abordagem sistêmica propõe-se uma metodologia que relaciona as decisões tomadas ao longo da concepção do produto com o desempenho do sistema de gestão da produção. Num primeiro momento, são identificados as atividades de desenvolvimento e os fatores de desempenho associados ao sistema de gestão da produção da empresa. Em seguida utiliza-se um método que permite classificar o impacto relativo das atividades de desenvolvimento nos fatores de desempenho da gestão da produção. A análise deste impacto permite identificar e priorizar medidas que atenuem os efeitos negativos das decisões de projeto na gestão do sistema de produção.*

*Palavras chave:* Metodologia de projeto, DFM, Engenharia Simultânea.

### **1. INTRODUÇÃO**

Atualmente é necessário um grande esforço para que se possa desenvolver sistemas de gestão de produção que apresentam resultados significativos em termos de eficiência. Entretanto, uma fonte importante de melhorias para a gestão de produção não está nos “modelos de gestão”, mas nas decisões tomadas ao nível do projeto de novos produtos. As ineficiências do processo de gestão estão cada vez mais associadas as características particulares definidas no projeto de um novo produto. Estes inconvenientes irão gerar ineficiências que não poderão ser sanadas por melhor que seja o sistema de gestão de produção adotado.

O Design for manufacture – DFM é um método que tem por objetivo melhorar a manufaturabilidade do produto desde o seu projeto. Entretanto, é preciso ir mais além. É preciso levar em conta não só os aspectos ligados a manufatura daquilo que vai ser fabricado, mas também, os aspectos relacionados a gestão da sua fabricação. Com base nesta preocupação apresentasse neste trabalho uma proposta de alcance mais amplo, o Design for Management – DFM II.

O “Design For Management - DFM II” visa a melhoria do desenvolvimento de produtos de modo a minimizar o impacto negativo das decisões de projeto no funcionamento do sistema de gestão da produção e na sua logística. A partir de uma abordagem sistêmica propõe-se uma metodologia que relaciona as decisões tomadas ao longo da concepção do produto com o desempenho do sistema de gestão da produção. O objetivo desta abordagem é integrar as decisões

de projeto as necessidades de se desenvolver sistemas de gestão da produção que possam ser operados com maior eficiência.

## **2. A FILOSOFIA DOS MÉTODOS DE PROJETO E CONCEPÇÃO ORIENTADOS PARA A MANUFATURA**

As exigências de mercado buscando uma maior diversificação dos produtos manufaturados, melhor qualidade e baixo custo têm forçado as empresas, principalmente as do setor metal-mecânico, a mudanças radicais no seu comportamento. Essas mudanças têm refletido de maneira significativa, principalmente nas áreas de projeto e fabricação, provocando cada vez mais a necessidade de uma maior integração entre estas áreas. O conceito de projeto orientado para a manufatura (DFM – Design for manufacture), tem sido utilizado como ferramenta de integração entre estas duas áreas.

O projeto orientado para a manufatura (DFM) engloba considerações de manufatura no projeto para que haja comunicação entre todos os componentes de um sistema de manufatura, o qual permite que o projeto seja adaptado a cada estágio da realização do produto (BOOTHROYD et al., 1993). Atualmente é oferecida uma certa resistência por parte da fabricação às decisões tomadas no projeto antes que os produtos e seus processos de fabricação sejam continuamente analisados. Todavia, os objetivos de um projeto voltado para a manufatura são identificar na fase concepção do produto os meios para se obter uma fabricação do produto de forma mais fácil, enfatizando dessa forma uma integração dos processos de manufatura e o projeto do produto, assegurando de maneira eficaz a união das necessidades e os requerimentos do produto.

A complexidade inerente de muitos problemas de manufatura dificulta a aplicação de técnicas convencionais de modelagem e projeto de produtos, planejamento e escalonamento do processo produtivo. Este aspecto tem motivado o desenvolvimento de técnicas e metodologias avançadas para o aprimoramento das atividades de projeto de novos produtos e manufatura baseadas em inteligência artificial, que sejam aptas a: (i) gerenciar a incerteza e o conhecimento de especialistas; (ii) acomodar mudanças significativas no processo produtivo e seu ambiente; (iii) incorporar metodologias para aprendizado de informações incertas; (iv) combinar o conhecimento existente com um procedimento de aprendizado.

## **3. METODOLOGIA PROPOSTA**

A análise do impacto das decisões de projeto na gestão do sistema produtivo é feita a partir da análise estrutural do sistema de desenvolvimento de produtos e gestão da empresa. O objetivo da análise estrutural é estudar a estrutura de um sistema a partir das relações entre as variáveis quantitativas ou qualitativas que caracterizam este sistema. As principais etapas da metodologia proposta são:

- a) Identificação das principais atividades de desenvolvimento de produtos da empresa.
- b) Identificação dos fatores associados ao desempenho do sistema de gestão.
- c) Construção da matriz estrutural a partir da identificação das relações entre atividades e variáveis de desempenho.
- d) Estudo do impacto das atividades nas variáveis de desempenho do sistema de gestão a partir do Método da Matriz de Inter-relações Cruzadas Aplicada a uma Classificação (MIC-MAC).
- e) Classificação e agrupamento das variáveis.
- f) Estabelecimento do “Mapa de impacto” da influência das atividades de projeto nas variáveis de desempenho do sistema de gestão de produção.

A seguir será apresentada a descrição de cada uma das etapas. Para ilustrar a aplicação do método será utilizado um exemplo representado o caso genérico de desenvolvimento de produtos.

### a) Identificação das principais atividades de desenvolvimento de produtos da empresa.

A metodologia proposta está centrada na análise da influência das decisões tomadas nas atividades de desenvolvimento como elemento ativo do sistema que define as características permanentes dos produtos e processos. Estas características terão um impacto decisivo na gestão do sistema. A identificação das atividades inicia-se com a análise da estrutura de funcionamento do processo de desenvolvimento de produtos da empresa. A atividade pode ser definida como um conjunto de tarefas elementares realizadas por um indivíduo ou grupo utilizando tecnologias específicas (informações, conhecimentos, técnicas, métodos e suportes materiais) e homogênea permitindo obter um resultado a partir de um conjunto de recursos (LORINO, 1991).

A representação de uma atividade é mostrada na figura 1. Ela ilustra que a atividade “análise funcional” manipula ou transforma o recurso “Informações sobre necessidades dos usuários” no resultado “lista de funções”. As decisões tomadas por esta atividade terão influência em várias outras atividades; por exemplo, na estruturação das funções, na geração de alternativas de configurações de produto, e em fatores relacionados com a gestão de produção como o atendimento das necessidades do consumidor.

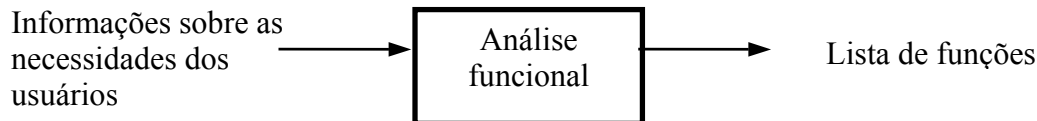


Figura 1. Representação de uma atividade.

A identificação das atividades pode ser feita conjuntamente com a definição do processo de desenvolvimento. O processo de desenvolvimento é uma rede de atividades que têm com objetivos transformar um conjunto de necessidades em requisitos de um novo produto.

Os processo de desenvolvimento de novos produtos pode assumir as mais diversas formas dependendo das particularidades de cada empresa ou setor. Como destacou ROZENFELD e AMARAL(1999), não é possível ter um processo único que sirva a todas as empresas. Cada organização empresarial terá um processo específico de desenvolvimento que vai depender de suas necessidades e do contexto em que está inserida. A figura 2 mostra a representação das principais atividades de um processo genérico de desenvolvimento de novos produtos. Este modelo de processo será utilizado como base para ilustrar a aplicação proposta de análise apresentada neste trabalho.

ETAPAS DE UM PROJETO DE PRODUTO										
	1	2	3		4			5		
Etapas	Identificação de oportunidades	Projeto conceitual	Projeto preliminar (ou de engenharia)		Projeto detalhado (ou Desenvolvimento)			Qualificação		
			Anteprojeto	Estudos de viabilidade	Especificação	Detalhamento	Processos	Técnica	Econômica	Mercado
Atividades	1. Gestão do patrimônio tecnológico	7. Definição do segmento de mercado	14. Análise funcional	21. Análise da viabilidade técnica e econômica (preço/custo, mercado)	26. Especificação dos materiais	29. Análise das soluções técnicas do ponto de vista da manufatura	36. Definição dos processos de fabricação e controle	42. Confecção e teste de modelos e protótipos	47. Estimativa de custos e preços	50. Testes de mercado
	2. Monitoramento tecnológico	8. Estudo de mercado	15. Estruturação das funções	22. Pesquisa de fornecedores	27. Especificação detalhada dos componentes e sub-conjuntos.	30. Análise da confiabilidade do produto e das soluções	37. Estimativas de tempo de processo	43. Análise e de performance	48. Planejamento e análise econômica	51. Estudos de aceitação no mercado
	3. Análise de tendências de mercado	9. Estudo dos produtos concorrentes	16. Determinação do custo das funções	23. Planejamento da distribuição	28. Escolha dos fornecedores	31. Elaboração dos desenhos e planos	38. Análise da confiabilidade do processo	44. Planejamento da fabricação	49. Análise e detalhada de custos e preços	52. Planejamento do Lançamento
	4. Monitoramento de mercado	10. Definição dos requisitos funcionais	17. Definição das métricas de qualidade	24. Estimativa de custos		32. Documentação técnica do produto	39. Escolha das tecnologias de fabricação	45. Adequação as normas		
	5. Análise da concorrência	11. Definição dos requisitos de estilo	18. Estudos dos materiais	25. Estudo do "tamanho" do mercado.		33. Análises de engenharia	40. Projeto do ferramental	46. Correções no projeto		
	6. Avaliação do porte-fólio de projetos	12. Definição dos requisitos ergonômicos	19. Estudo das soluções técnicas			34. Simulação de montagem / funcionamento	41. Solicitação de compra das ferramentas			
		13. Determinação das linhas básicas do produto.	20. Geração das alternativas construtivas – matriz morfológica			35. Estudo das tolerâncias				

Figura 2. Processo genérico de desenvolvimento de novos produtos.

**b) Identificação dos fatores associados ao desempenho do sistema de gestão**

Os fatores associados ao desempenho podem ser definidos a partir dos objetivos dos sistemas de gestão de produção (SLAK e alli., 2001). Os fatores de desempenho são medidas de “eficiência” associadas aos objetivos do sistema de gestão de produção. De uma forma geral os principais fatores de desempenho estão representados na tabela 1.

Tabela 1 – Os fatores de desempenho dos sistemas de gestão de produção

Objetos do sistema de produção	Variável de desempenho associada
Qualidade	1. Uniformidade das peças 2. Atendimento as especificações de montagem 3. Atendimento das expectativas do consumidor 4. Confiabilidade do funcionamento do produto
Rapidez	5. Tempo de entrega após o fechamento do pedido 6. Tempo para correção de problemas
Confiabilidade	7. Diferença entre os prazos de entrega e os prazos prometidos 8. Diferença entre o planejado e o realizado
Flexibilidade	9. Nível de automação / mecanização 10. Nível de polivalência da mão de obra 11. Tempo de set-up dos equipamentos 12. Tempo necessário para reprogramação da produção 13. Variedade do “mix” de produção
Custos	14. Custos das matérias primas 15. Custos de pessoal 16. Custos de tecnologia e equipamentos 17. Taxa de ocupação da fábrica 18. Nível de refugos

**c) Construção da matriz estrutural a partir da identificação das relações entre atividades e fatores de desempenho**

O objetivo desta etapa é estabelecer uma matriz de relações entre as variáveis que representam o sistema em questão. Estas variáveis são as atividades de desenvolvimento de novos produtos e os fatores de desempenho associados ao sistema gestão de produção. A tabela 2 mostra todas as variáveis consideradas no caso estudado.

Tabela 2. As variáveis estruturais do sistema.

1	Gestão do patrimônio tecnológico	36	Definição dos processos de fabricação e controle
2	Monitoramento tecnológico	37	Estimativas de tempo de processo
3	Análise de tendências de mercado	38	Análise da confiabilidade do processo
4	Monitoramento de mercado	39	Escolha das tecnologias de fabricação
5	Análise da concorrência	40	Projeto do ferramental
6	Avaliação do porte-fólio de projetos	41	Solicitação de compra das ferramentas
7	Definição do segmento	42	Confecção e teste de modelos e protótipos
8	Estudo de mercado	43	Análise de performance
9	Estudo dos produtos concorrentes	44	Planejamento da fabricação
10	Definição dos requisitos funcionais	45	Adequação as normas
11	Definição dos requisitos de estilo	46	Correções no projeto
12	Definição dos requisitos ergonômicos	47	Estimação de custos e preços
13	Determinação das linhas básicas do produto	48	Planejamento e análise econômica
14	Análise funcional	49	Análise detalhada de custos e preços
15	Estruturação das funções	50	Testes de mercado
16	Determinação do custo das funções	51	Estudos de aceitação no mercado
17	Definição das métricas de qualidade	52	Planejamento do Lançamento
18	Estudos dos materiais	53	Uniformidade das peças
19	Estudo das soluções técnicas	54	Atendimento as especificações de montagem

20	Geração das alternativas construtivas –	55	Atendimento das expectativas do consumidor
21	Análise da viabilidade técnica e econômica (preço/custo, mercado)	56	Confiabilidade do funcionamento do produto
22	Pesquisa de fornecedores	57	Tempo de entrega após o fechamento do pedido
23	Planejamento da distribuição	58	Tempo para correção de problemas
24	Estimação de custos	59	Diferença entre os prazos de entrega e os prometidos
25	Estudo do “tamanho” do mercado	60	Diferença entre o planejado e o realizado
26	Especificação dos materiais	61	Nível de automação / mecanização
27	Especificação detalhada dos componentes e sub-conjuntos.	62	Nível de polivalência da mão de obra
28	Escolha dos fornecedores	63	Tempo de set-up dos equipamentos
29	Análise das soluções técnicas do ponto de vista da manufatura	64	Tempo necessário para reprogramação da produção
30	Análise da confiabilidade do produto e das soluções	65	Variedade do “mix” de produção
31	Elaboração dos desenhos e planos	66	Custos das matérias primas
32	Documentação técnica do produto	67	Custos de pessoal
33	Análises de engenharia	68	Custos de tecnologia e equipamentos
34	Simulação de montagem / funcionamento	69	Taxa de ocupação da fábrica
35	Estudo das tolerâncias	70	Nível de refugos

A identificação das relações entre as atividades de desenvolvimento e os fatores de desempenho é feita à partir da definição da matriz estrutural. A matriz estrutural é uma matriz quadrada que mostra as inter-relações entre todos os elementos do sistema. A figura 3 apresenta um exemplo de uma matriz estrutural parcial.

O preenchimento da matriz pode utilizar a seguinte escala de intensidade de relações entre as atividades e variáveis do sistema:

- na forma binária - 1 existência de relação e 0 inexistência de relação;
- na forma de uma escala de intensidade - 5 influência muito forte, 4 influência forte, 3 influência média, 2 influência fraca, 1 influência muito fraca e 0 inexistência de influência.

	Gestão do patrimônio tecnológico	Monitoramento tecnológico	Análise de tendências de mercado	Monitoramento de mercado	Análise da concorrência	.	.	Variedade do “mix” de produção	Tempo de reprogramação	Custos das matérias primas	Custos de pessoal	Custos de tecnologia e equipamentos	Taxa de ocupação da fábrica	Nível de refugos
Gestão do patrimônio tecnológico											1			
Monitoramento tecnológico								1						
Análise de tendências de mercado													1	
Monitoramento de mercado												1		
Análise da concorrência														
.														
.														
Variedade do “mix” de produção		1												
Tempo de reprogramação da produção			1											
Custos das matérias primas	1	1												
Custos de pessoal				1										
Custos de tecnologia e equipamentos														
Taxa de ocupação da fábrica														
Nível de refugos														

figura 3. Matriz estrutural do Sistema

**d) Estudo do impacto das atividades nas variáveis de desempenho do sistema de gestão a partir do Método MIC-MAC.**

O método MIC-MAC (GODET, 2000) é um método multidisciplinar e matemático. Este método oferece a possibilidade de definir um sistema com a ajuda de uma matriz que estabelece as relações entre as variáveis do sistema. O método MIC-MAC permite estudar as relações e identificar as variáveis essenciais. O objetivo deste método é recolher e classificar as informações necessárias à descrição do sistema estudado.

O método MIC-MAC estabelece uma classificação das variáveis de um sistema segundo a “motricidade” e a “dependência” de cada variável. A classificação é realizada em dois níveis: a classificação direta e a classificação indireta.

A classificação direta é obtida a partir da soma dos valores das linhas e colunas da matriz estrutural. Esta soma determina o número de vezes que uma variável influenciou ou foi influenciada pelas outras variáveis. A soma das linhas fornece um indicador do efeito motor da variável dentro do sistema: este valor é a motricidade da variável. A soma dos valores das colunas permite a determinação de um indicador do número de vezes que a variável foi influenciada pelas outras variáveis do sistema: este valor é a dependência da variável. Assim, é possível realizar uma classificação das variáveis do sistema em função de sua motricidade e dependência.

A classificação indireta leva em consideração as relações indiretas entre as variáveis. As relações indiretas são obtidas pela multiplicação da matriz estrutural por ela mesma, até que a classificação em termos de motricidade e dependência das variáveis se estabilize. A cada multiplicação é levada em conta uma dimensão adicional das relações entre variáveis. Assim, a matriz  $M^2$  (uma multiplicação) leva em conta as relações de segunda ordem, ou seja, é considerada a influência de determinada variável em uma terceira variável passando por uma segunda.

A análise da estrutura do sistema pode ser feita a partir de um plano de motricidade e dependência (figura 4). Para estabelecer o plano motricidade-dependência, devemos colocar sobre um plano os valores da motricidade no eixo das abscissas e os valores da dependência no eixo das ordenadas. O plano obtido é dividido em quatro áreas:

1. **Variáveis motrizes** - variáveis que influenciam fortemente o comportamento e a evolução do sistema.
2. **Variáveis sensíveis ou críticas** - variáveis que influenciam fortemente o comportamento do sistema e ao mesmo tempo são extremamente sensíveis à evolução deste sistema.
3. **Variáveis autônomas** - variáveis que não dependem da evolução do sistema.
4. **Variáveis dependentes** - variáveis que evoluem em função da evolução do sistema.

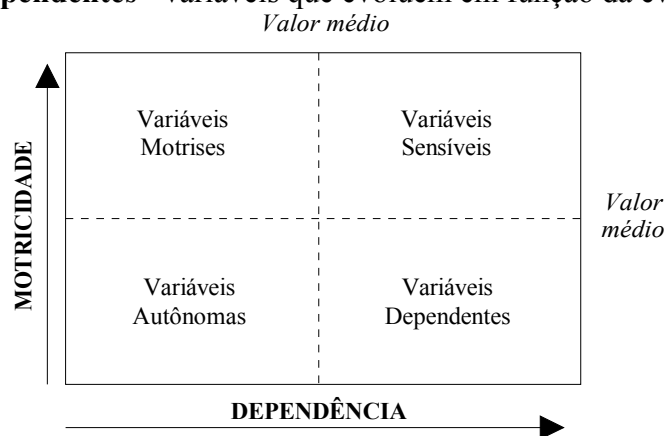


figura 4 – Plano motricidade-dependência.

#### **e) Classificação e agrupamento das variáveis**

O lançamento das variáveis no plano “motricidade x dependência” permite visualizar como as atividades de desenvolvimento (variáveis do sistema) influenciam os fatores de desempenho do sistema de gestão de produção.

O posicionamento das variáveis no plano (classificação) é função das relações estruturais entre as atividades de desenvolvimento e os fatores de desempenho do sistema de gestão de produção. O Agrupamento de um conjunto de variáveis no plano normalmente representa um conjunto de atividades de desenvolvimento que tem impacto semelhante nos fatores de desempenho do sistema. Este agrupamento é feito pelo analista em função da proximidade relativa das variáveis no plano e da sua homogeneidade em relação a uma determinada característica ou fator.

#### **f) Estabelecimento do “Mapa de impacto” da influência das atividades de projeto nas variáveis de desempenho do sistema de gestão de produção.**

O plano “motricidade x dependência” representa o “Mapa de impacto” das decisões tomadas nas atividades de desenvolvimento sobre os fatores de desempenho do sistema de gestão da produção. Assim, uma atividade classificada como motriz indica que ela terá forte impacto nos fatores de desempenho do sistema de gestão da empresa em questão. Ao contrário, uma atividade classificada com independente terá pouca (ou nenhuma) importância no que diz respeito aos fatores associados ao desempenho do sistema de gestão da produção da empresa. No caso estudado foi preciso elevar a matriz estrutural a potência 19 para que esta estabilizasse. A estabilização da matriz significa que todas as interações entre as variáveis do sistema foram levadas em consideração.

### **4. Discussão dos resultados**

A figura 5 mostra o plano de motricidade x dependência para o caso genérico de desenvolvimento de novos produtos. Este plano, além de identificar o impacto das atividades de projeto, mostra o seu grau de importância em relação às atividades desenvolvidas pela empresa de modo a contribuir com a sua estratégia de desenvolvimento de novos processos.

Na área das variáveis críticas encontramos primordialmente as atividades associadas a geração de alternativas (20), as decisões de engenharia (34, 33, 28, e 35) e as decisões de processo (36, 44 e 38). Isso significa que estas atividades influenciam e são influenciadas por todas as outras. O impacto deste grupo de atividades será significativo sobre os fatores de desempenho do sistema de gestão da produção.

As variáveis motrizes estão relacionadas as atividades de preparação do desenvolvimento (1, 45 e 49) e do levantamento de informações sobre o ambiente da empresa (5, 8 e 22). As atividades dependentes estão relacionadas aos fatores de desempenho (54, 55, 59, 57, 68 e 69) e a características dos produtos (26 e 37).

Finalmente, a área das variáveis autônomas corresponde a alguns fatores de desempenho que neste caso não são influenciados pelas atividades do desenvolvimento de novos produtos (60, 64, 65 e 70).

1	8	29	17			
5	22	7		33	36	
45	Motrizes	49	38	31	34	
				Críticas	11	28
51	58	25	44	35	20	
65	64	37	54	55	26	
	Autônomas			Dependentes		
60	70	68	69	59	57	

Figura 5. Mapa de impacto das variáveis do sistema.

## 5. Conclusão

A análise do impacto das atividades de desenvolvimento de novos produtos sobre o desempenho do sistema de gestão é importante para melhorar integrar cada vez mais o desenvolvimento de produtos e a gestão do sistema produtivo. Esta integração permite identificar os potenciais de melhoria da eficiência do sistema com um todo.

Com a utilização do mapa de impacto das atividades de desenvolvimento sobre as variáveis de desempenho do sistema de gestão foi possível destacar as atividades de desenvolvimento que mais influenciam na gestão. A partir desta identificação é possível tomar providências para que durante as decisões tomadas por estas atividades se leve em conta os seus impactos positivos e negativos sobre o sistema de gestão da produção.

## 6. Referências bibliográficas

BOOTHROYD, G.; DEWHURST, P.; KNIGHT, W., **Product for Manufacture and Assembly**, New York: M. Dekker Inc., 1993.

GODET, Michael. The Art of Scenarios and Strategic Planning: tools and Pitfalls. *Technological Forecasting and Social Change*, n°65, 2000, pg.3-22.

LORINO, P. **Le contrôle de gestion stratégique : la gestion par les activités**. Dunod, Paris, 1991.

ROZENFELD, H; AMARAL, D.C. Proposta de uma tipologia de processos de desenvolvimento de produto visando a construção de modelos de referência. **Anais do I Congresso Brasileiro de Desenvolvimento de Produto, Belo Horizonte, 1999.**

SLACK, Nigel; JOHNSTON, Robert; CHAMBERS, Stuart. **Administração da Produção**. São Paulo. Atlas, 2001.