



## MULTIWAY – R01

RELATÓRIO TÉCNICO: DETERMINAÇÃO DO CAMPO DE TEMPERATURA E VELOCIDADES EM RACKS DE COMPUTADORES.

DESIGN  
and NUMERICAL  
SIMULATIONS

Setembro/2012



## 1. INTRODUÇÃO

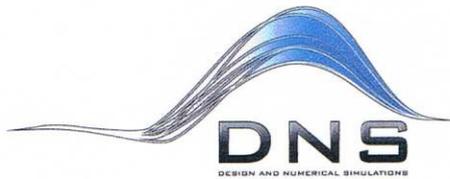
Simulações de escoamento de fluidos utilizando técnicas de CFD (Dinâmica dos Fluidos Computacional) são atualmente empregadas em problemas onde existe a necessidade de conhecer parâmetros físicos importantes para dimensionamentos de componentes utilizados, por exemplo, na implementação de centrais de computadores (*data center*). Em salas climatizadas, cujo controle de temperatura faz-se necessário, o projeto fluido-mecânico passa a ser uma fase importante do projeto, onde a determinação do desempenho de cada componente é de fundamental importância para os cálculos térmicos e de dinâmica dos fluidos envolvidos em projetos dessa natureza. Neste contexto, as técnicas de CFD são muito apropriadas para tais avaliações, uma vez que é possível empregar os modelos físicos que descrevem a dinâmica dos fluidos com o intuito de determinar os campos de temperatura, pressão e de velocidades no interior da sala climatizada.

Neste trabalho são apresentadas simulações de CFD para análise térmica e de escoamento através de *racks* de computadores com o propósito de determinar os parâmetros físicos de interesse, ou seja: campo de velocidades, pressão e de temperatura oriundo do escoamento através de *racks* de computadores dotados de fontes de calor, contidos em uma sala climatizada do tipo *Data Center*.

## 2. DESCRIÇÃO DO TRABALHO

O presente estudo visa à verificação, por meio de CFD, de três propostas de configurações geométricas para o *rack*, a saber:

- ✓ Telas perfuradas nas portas dianteira e traseira do *rack*;
- ✓ Veneziana na porta dianteira, e tela perfurada na porta traseira;
- ✓ Venezianas nas portas dianteira e traseira.



contatos@dnsimulations.com.br  
<http://www.dnsimulations.com.br>  
CNPJ 14.004.160/0001-13

- ✓ Equipamentos eletrônicos modelados como condições de contorno de saída de escoamento (na entrada de ar frontal do servidor) e entrada de escoamento (na saída de ar traseira do servidor);
- ✓ Entrada de ar frontal e traseira modeladas como uma área de passagem correspondente a 55% da área frontal de um servidor 1U;
- ✓ Continuidade do fluxo mássico imposto entre as condições de contorno de saída e entrada de ar, para cada um dos servidores;
- ✓ Curva de operação dos *fans* do servidor extraída de catálogo de fabricante;
- ✓ Potência térmica dissipada pelo servidor imposta como condição de contorno na saída de ar na parte traseira do servidor.

Foi escolhido para as presentes análises o servidor Dell PowerEdge R610 (Fig2.1). As características do equipamento são listadas a seguir:

- ✓ Geometria 1U x 28" comprimento
- ✓ 2 processadores Intel® Xeon E5645, com 6 cores cada
- ✓ Chipset Intel® 5520
- ✓ 64 GB memória
- ✓ 4 discos rígidos SAS
- ✓ Fonte 500W



contatos@dnsimulations.com.br  
http://www.dnsimulations.com.br  
CNPJ 14.004.160/0001-13

Pretende-se também avaliar a influência do direcionamento do ar frio proveniente do sistema de ar condicionado, por meio de grelha de piso com uma angulação de entrada de 15 graus.

Para tanto, foi solicitado à Multiway as geometrias do *rack* e das diferentes configurações de portas, bem como as dimensões e disposição dos *racks* no ambiente de uma sala de TI típica (*Data Center*), onde estas geometrias serão avaliadas numericamente. É importante salientar que as características do escoamento nos *racks* são fortemente influenciadas pela geometria e disposição dos elementos do ambiente onde os mesmos se inserem.

Idealmente, é também necessária a caracterização – geometria, disposição, potência térmica dissipada – dos componentes eletrônicos, bem como a especificação da curva de desempenho dos *fans* responsáveis pela ventilação dos mesmos. Uma vez que a especificação destes equipamentos é de responsabilidade do cliente final dos produtos Multiway, e também que um dos propósitos principais da utilização de *racks* é possibilitar uma grande flexibilidade quanto à instalação de diferentes tipos de equipamento, torna-se difícil especificar uma configuração de equipamentos que contemple universalmente todas as possíveis opções. Decidiu-se então pela escolha arbitrária de uma configuração típica para as análises em questão – a saber, *rack* populado por 42 servidores de dimensão 1U bi-processados, operando em carga total. As características necessárias para a análise de CFD foram então obtidas através de *datasheets* fornecidos pelo fabricante do servidor. Alguns dos dados necessários, na ausência de fontes de informação mais precisas, foram estimados seguindo os melhores critérios à disposição na literatura e catálogos técnicos.

Deve-se salientar também que o escopo do presente trabalho é a avaliação das características aerodinâmicas e térmicas das diferentes propostas de geometrias dos *racks* Multiway, e não propriamente do escoamento no interior dos equipamentos eletrônicos contidos no *rack*. Sendo assim, os equipamentos eletrônicos foram modelados da seguinte forma para a análise de CFD:



Fig2.1 Servidor Dell PowerEdge R610

Para determinar a potência dissipada pelo equipamento, foi utilizada a ferramenta web disponível no site do fabricante<sup>1</sup>, de onde se obteve as seguintes informações:

- ✓ Potência dissipada: 320W (carga máxima)
- ✓ Vazão de ar: 26,2 CFM / servidor
- ✓ Variação de temperatura entre entrada e saída: 21 °C

Para determinar as características de ventilação do servidor – essenciais para avaliação da troca de calor do mesmo – é necessário modelar a variação do fluxo de ar de acordo com a variação das condições de operação (pressão, temperatura). Tipicamente, isto pode ser feito modelando-se os *fans* de ventilação do servidor, por meio de uma curva de desempenho (pressão x vazão volumétrica). Tal informação é fornecida pelos fabricantes dos *fans* por meio de catálogos técnicos.

No entanto, somente esta informação não é suficiente para descrever completamente o comportamento do mecanismo de ventilação no servidor. É necessário também determinar os níveis de perda de carga e de impedância de ventilação do

---

<sup>1</sup> Dell Energy Smart Solution Advisor: <http://essa.us.dell.com/DellStarOnline/DCCP.aspx>

servidor (chassis e componentes), em função da vazão de ar de ventilação que atravessa o mesmo. Esta informação não é tipicamente fornecida pelo fabricante do servidor, uma vez que depende de uma série de características, como por exemplo, a geometria das entradas e saídas de ar no chassi, quantidade e disposição interna dos componentes (HDs, processadores, memória, fonte de alimentação). O levantamento desta curva de impedância pode ser feito experimentalmente, varrendo-se toda a faixa de operação dos *fans* e medindo-se as velocidades e pressões na entrada e saída do servidor, ou ainda por meio de simulações de CFD na geometria completa do gabinete do servidor e componentes, para diversas condições de operação dos *fans*. Porém, tais opções fogem do escopo do presente trabalho.

Assim, optou-se por aplicar uma curva de impedância total para um *rack* típico completo, como a mostrada na Fig. 2.2. Tal curva foi obtida por meio de publicação técnica do fabricante Dell<sup>2</sup>, para um modelo de *rack* semelhante ao *rack* Multiway. A curva de impedância completa mostra o comportamento global do rack, contemplando todas as perdas e impedâncias devido ao escoamento no *rack* e seus componentes (portas perfuradas, cabeamento, etc), bem como nos próprios servidores.

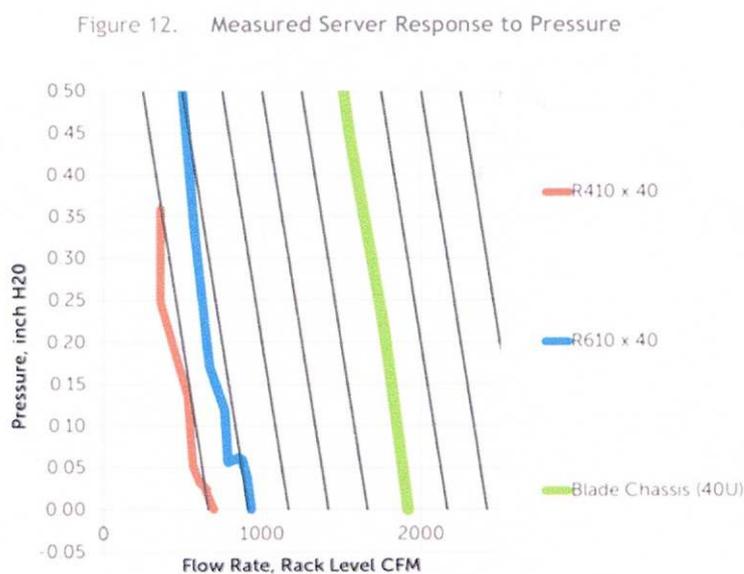


Fig. 2.2 Curva de impedância combinada para servidor e *rack*

<sup>2</sup> Dell White Paper: Thermal Design of the Dell PowerEdge T610, R610 and R710 servers

Portanto, a vazão especificada através da curva de impedância combinada corresponde à máxima vazão de ar de ventilação possível para o servidor em um determinado ponto de operação, e eventuais alterações na vazão de ar através do servidor devem-se somente a variações no campo de pressão e velocidades no ambiente da sala de TI (*Data Center*). O efeito de tais variações na vazão de ar de ventilação do servidor será computado através da imposição desta curva de operação no modelo de CFD.

As geometrias da sala de TI e dos racks foram fornecidas pela Multiway, em formatos CAD típicos. A Fig. 2.3 mostra uma perspectiva da sala de TI, com apenas um dos racks posicionados.

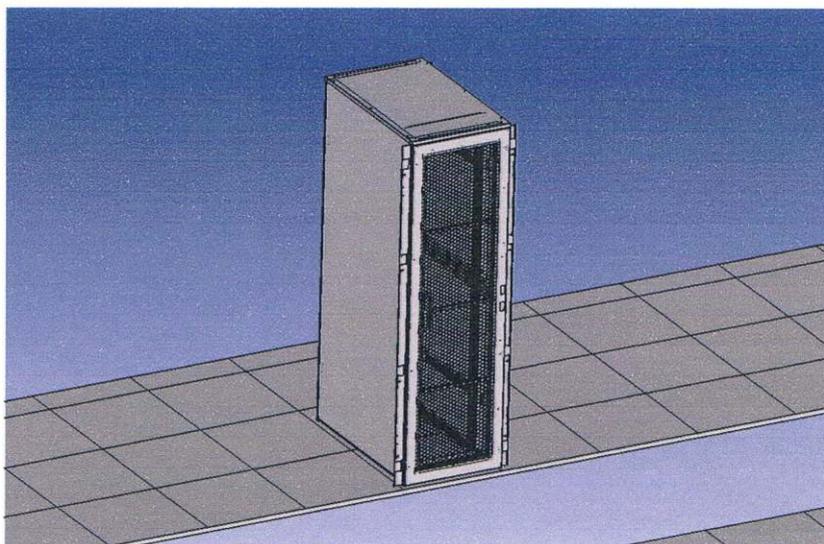


Fig. 2.3 Rack 44U Multiway

As geometrias da sala de TI e dos racks foram então convertidas e tratadas com o propósito de gerar a discretização do domínio (geração de malha computacional). Salienta-se que a preparação da geometria para a etapa de geração de malha consumiu uma grande parte da carga de trabalho para a presente análise, pois o modelo geométrico fornecido não se encontrava em uma configuração apropriada (excesso de detalhes, como rebites, parafusos, chapas finas, etc) para análises de CFD. Assim, uma

simplificação das geometrias foi necessária para dar prosseguimento à etapa de geração de malha computacional (Fig. 2.4).

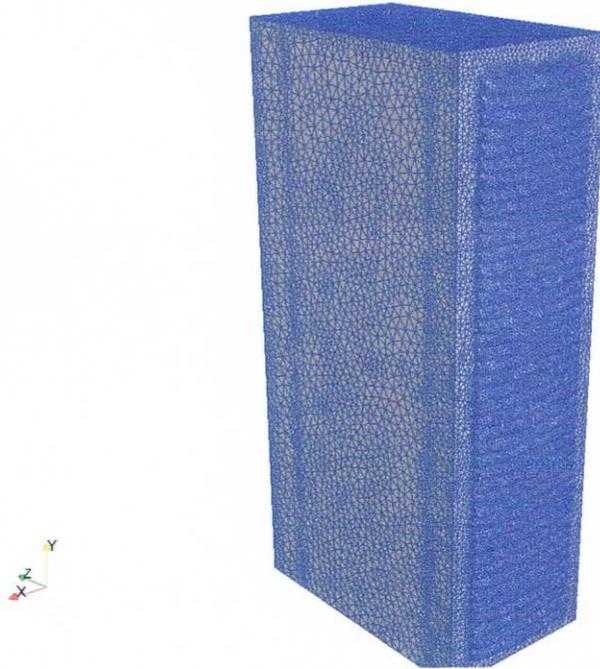
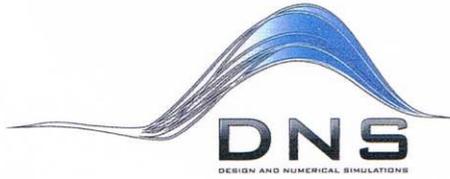


Fig. 2.4 Malha computacional de superfície

Após a preparação da malha computacional para cada uma das propostas geométricas, passou-se então à modelagem numérica do problema em análise, em termos de condições de contorno, propriedades do fluido, e modelamento matemático das equações que descrevem o fenômeno – Equações de Navier-Stokes. A seguir, serão brevemente apresentados os modelos numéricos empregados nas análises.



### 3. ABORDAGEM MATEMÁTICA, NUMÉRICA E CONDIÇÕES DE CONTORNO.

Nesta seção, serão descritos brevemente os modelos matemáticos e numéricos utilizados, bem como a condição de contornos imposta ao problema.

#### 3.1. Modelo Matemático

São resolvidas as equações completas de *Navier-Stokes* (equações de conservação de massa, de quantidade de movimento e energia) em regime permanente.

#### 3.2. Condições de Contorno

As condições de contorno utilizadas foram fornecidas pelo cliente (dados de entrada). As condições de contorno para a sala de TI foram especificadas pela Multiway, e abrangem duas situações quanto à condição de contorno de entrada do ar proveniente do sistema de ar condicionado:

- ✓ Temperatura de entrada de 12 °C;
- ✓ Placa de alta vazão com saída normal à superfície do piso;
- ✓ Placa de alta vazão com saída inclinada de 15° em direção às portas dos racks

As demais condições de contornos são as relacionadas com o equipamento (*fans*, servidores, etc) e já foram relatadas no capítulo 2. Para o modelamento da operação dos servidores, assume-se que os mesmos trabalham em carga máxima, com potência total dissipada assumida de acordo com os dados fornecidos pelo fabricante. Assume-se também um limite superior de temperatura para o ar de exaustão dos servidores igual a 60 °C, acima do qual a lógica de proteção térmica dos processadores passa a reduzir o *clock* de operação dos mesmos (mecanismo *speed step*). Assim, níveis de temperatura



contatos@dnsimulations.com.br  
http://www.dnsimulations.com.br  
CNPJ 14.004.160/0001-13

desta ordem de grandeza são assumidos como um caso de falha para o servidor e, portanto, indesejáveis.

### 3.3. Método de Solução

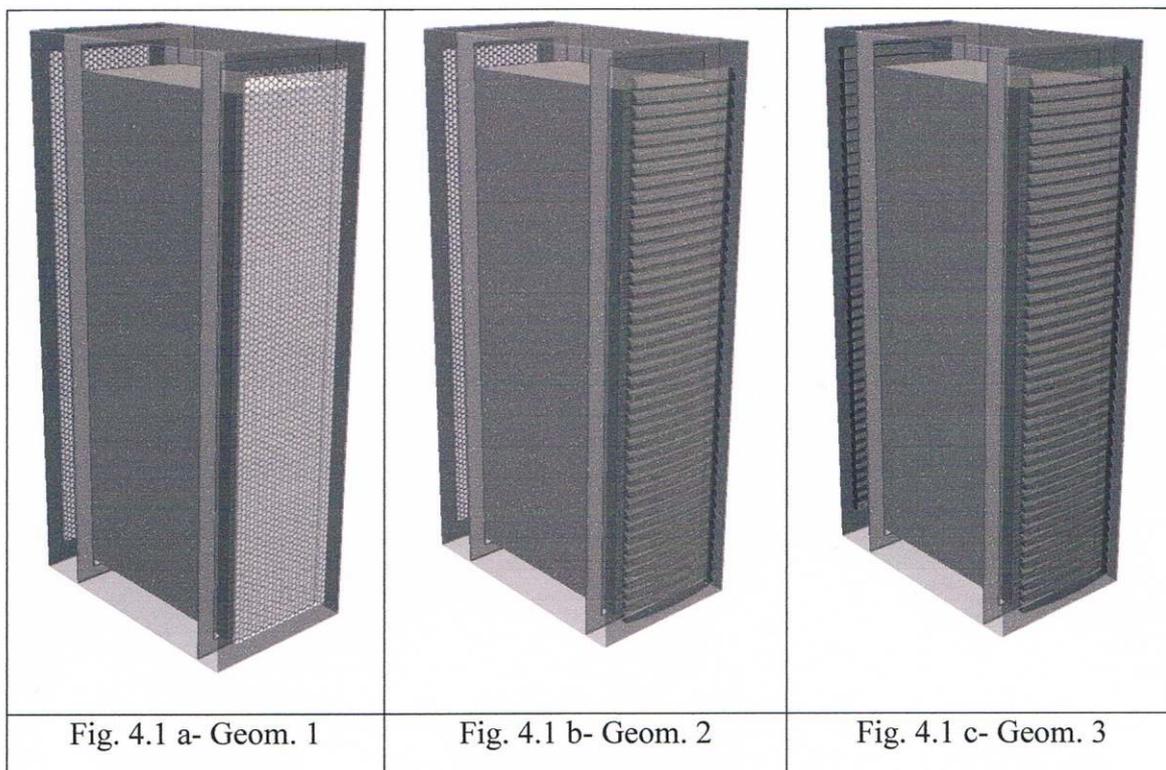
A solução do sistema de equações diferenciais parciais que modelam este problema foi determinada por meio da discretização da geometria aplicando a técnica de volumes finitos. O sistema de equações resultantes foi resolvido por interpolação polinomial de segunda ordem e o acoplamento da pressão-velocidade foi feito por meio do esquema conhecido como *SIMPLE*. Para tanto, foi empregada uma malha não estruturada para a análise do rack de computador. O sistema de equações algébricas foi então resolvido por um processo iterativo segregado, utilizando um *multigrid solver* aplicado às equações de quantidade de movimento e energia. A convergência foi tomada segundo a avaliação de vários resíduos. Em adição, a evolução da temperatura e velocidade foi monitorada em vários pontos dentro do domínio computacional e a convergência foi determinada quando os tais valores de temperatura e velocidade indicaram o regime permanente.

Foi utilizado um pacote de softwares de CFD produzido pela OpenCFD Ltd. Esse conjunto de ferramentas chamado de OpenFOAM<sup>®</sup> possui uma extensa gama de recursos para resolver problemas de escoamentos complexos envolvendo reações químicas, turbulência, transferência de calor, escoamento multifásico, entre outros.

## 4. RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos e promove discussões a respeito dos equipamentos analisados. Para efeito didático, estes resultados serão apresentados em três partes. A primeira oferece uma análise comparativa das três geometrias propostas.

A configuração representada na Fig. 4.1-a - denominada *Geometria 1* - apresenta telas perfuradas nas portas dianteira e traseira do rack, enquanto a representada na Fig. 4.1-b (denominada *Geometria 2*) possui venezianas na porta dianteira e telas perfuradas na porta traseira do rack. Já a mostrada na Fig. 4.1-c (*Geometria 3*) possui venezianas nas portas dianteira e traseira.



Na segunda parte deste capítulo são apresentados os resultados obtidos relativos à configuração da grelha de insuflamento de ar, isto é, grelha genérica com ângulo de

insuflamento normal ao chão da sala do *Data Center*, e grelha proposta pela Multiway, cujas furações impõe ao escoamento uma angulação de 15 graus de inclinação.

Na terceira e última parte é discutido, sob a luz dos resultados de CFD, as possíveis causas do sobreaquecimento gerado na parte inferior do rack, além de sugerir simulações que permitam avaliar mudanças que tragam melhorias no desempenho térmico do conjunto de equipamentos analisados.

#### **4.1. PARTE 1 – Comparação entre geometrias das portas do rack.**

As figuras mostradas neste subcapítulo apresentam uma comparação entre as três configurações geométricas analisadas. Deseja-se nesta parte analisar o escoamento por meio de parâmetros físicos que permitam inferir sobre o desempenho térmico relacionado às variações geométricas utilizadas nas portas, tanto na dianteira quanto na traseira do *rack*. Para tanto, todos os resultados apresentados na parte 1 deste capítulo, foram obtidas via simulações de CFD, realizadas tomando como base as mesmas condições de operação, portanto com mesmas condições de contorno. Como a única diferença entre as simulações são de cunho geométrico, as análise aqui desenvolvidas permitirão avaliar exclusivamente o efeito geométrico no escoamento em questão.

Todas as figuras serão apresentadas em trios, onde as letras a, b e c, correspondem às geometrias descritas nas figuras Fig. 4.1a-b-c, respectivamente, Geometria 1, Geometria 2 e Geometria 3. A condição de contorno utilizada para fluxo na entrada (piso-grelha) é a de ângulo de incidência igual à zero.

As Fig4.2a-b-c, apresentam o campo de temperaturas registrado em um plano mediano e perpendicular às portas dos racks. É possível observar que o campo de temperatura no lado quente do rack (externo ao rack) possui distribuições menos severas para a Geometria 3, evidenciando um ganho de desempenho quanto ao uso de venezianas nas portas (dianteira e traseira) do equipamento. O mesmo ocorre com a Geometria 2, (Veneziana + Tela), quando comparado somente com a Geometria 1, composta unicamente de telas nas portas dianteiras e traseiras.

As Fig. 4.3a-b-c, mostram cortes paralelos ao piso do *Data Center* que corroboram a conclusão obtida no parágrafo anterior, isto é, a Geometria 3 é a melhor do ponto de vista de arrefecimento (temperaturas menores no lado quente do rack), seguido da Geometria 2, e por fim da Geometria 1, que é a menos eficiente dentre as três geometrias estudadas.

As Fig. 4.4a-b-c apresentam o perfil de temperatura obtidos nas portas dianteiras. Nota-se uma melhor distribuição de temperaturas para as Geometrias 2 e 3, com campos de temperatura muito semelhantes. A Geometria 1 apresenta uma grande extensão de regiões com níveis de temperatura em torno de 60 °C na parte frontal, o que indica uma possibilidade de superaquecimento dos servidores. Um maior detalhamento dos fenômenos que levam à ocorrência destes níveis de temperatura elevados será levantado nos próximos tópicos.

Nas Fig. 4.5a-b-c, são mostradas as distribuições de temperatura em planos paralelos às portas traseiras. Tais figuras mostram uma diminuição nos níveis de temperaturas quando do uso de veneziana, seja para Geometria-2 ou para Geometria-3 – embora tais níveis ainda possam ser considerados elevados, notadamente na parte inferior do rack, o que evidencia novamente a possibilidade de ocorrência de superaquecimento dos servidores. Por meio dessas figuras não é possível quantificar ganhos relativos às Geometrias 2 e 3, mas fica claro que o uso de venezianas, principalmente na porta dianteira, promove ganhos de desempenho térmico. Pode-se inferir que a maior contribuição em arrefecimento é advinda do uso de venezianas na parte dianteira, e que o uso de telas ou venezianas nas portas traseiras não promovem grandes alterações no escoamento.

Por fim, as Fig. 4.6a-b-c, mostram o campo de temperatura nas paredes dos servidores. Neste caso, fica evidente a diminuição dos níveis de temperaturas com o uso de configurações com venezianas. Tais figuras evidenciam os ganhos obtidos com o uso de venezianas, principalmente na porta dianteira do rack.

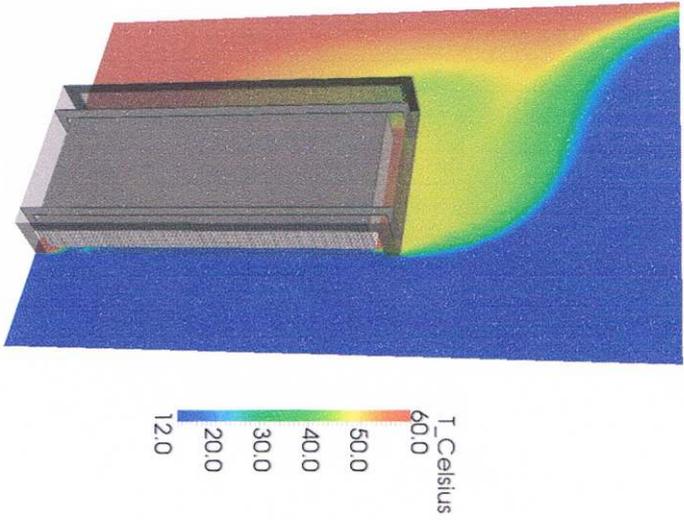


Fig4.2 a - Campo de temperaturas, Geom.1

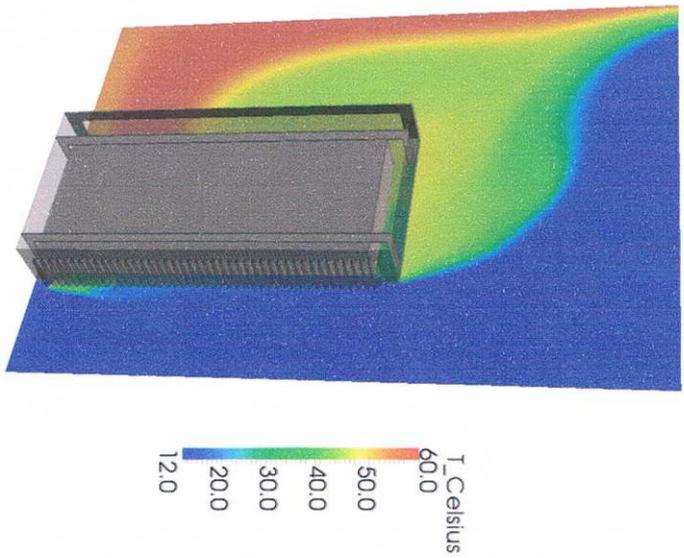


Fig4.2 b - Campo de temperaturas, Geom.2

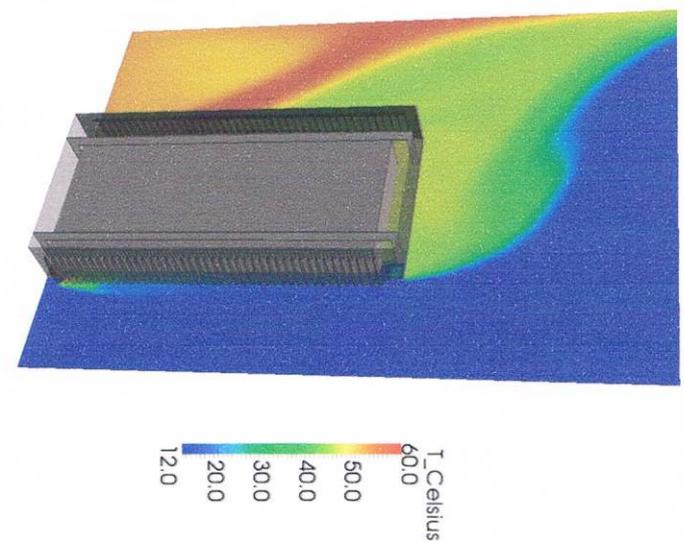
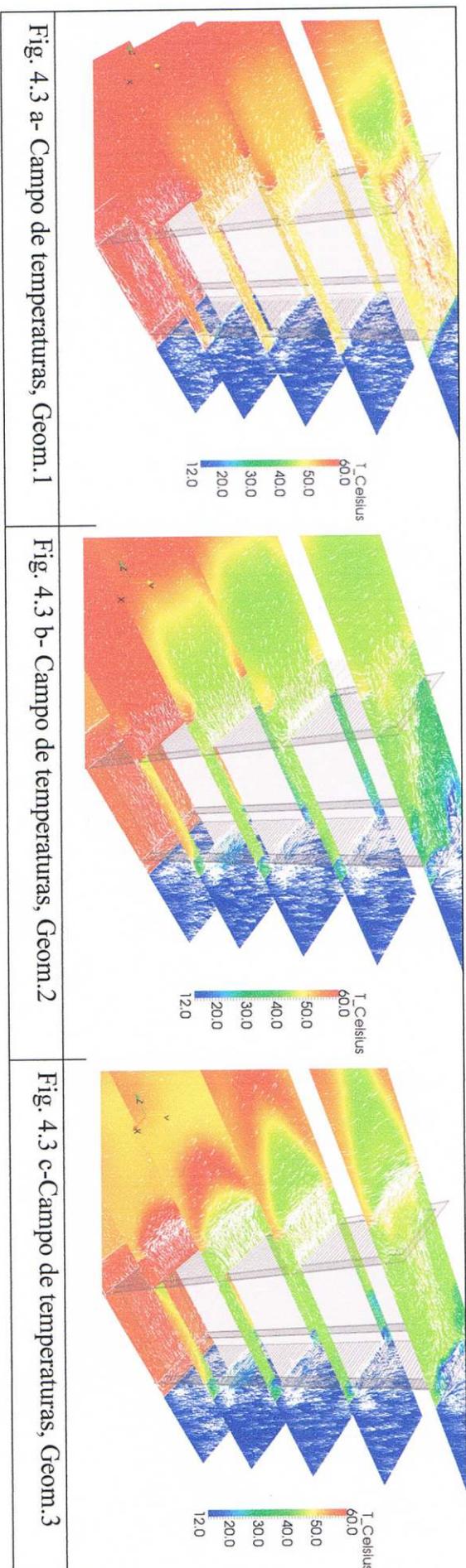
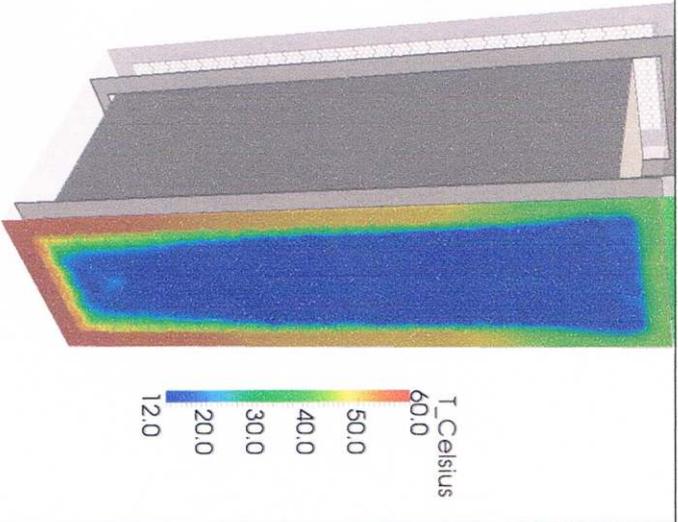
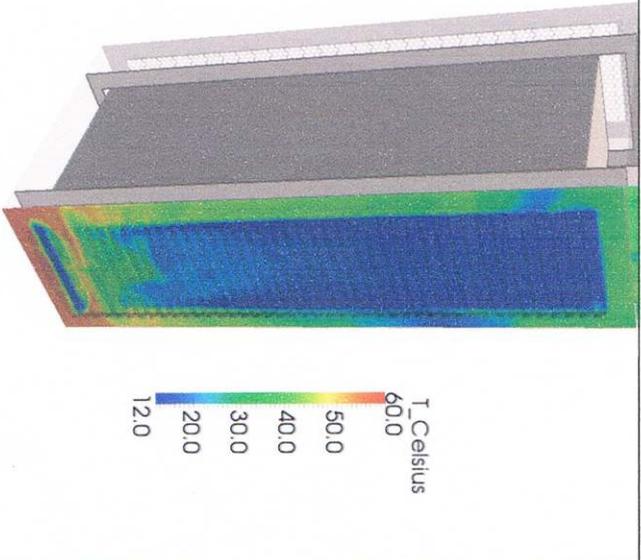
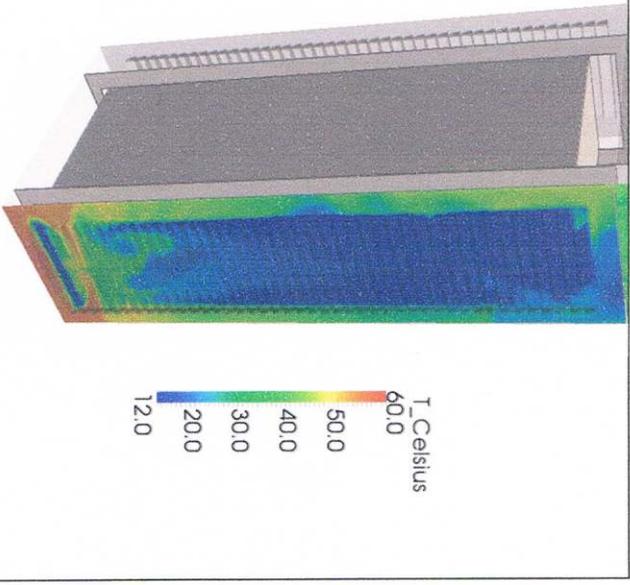
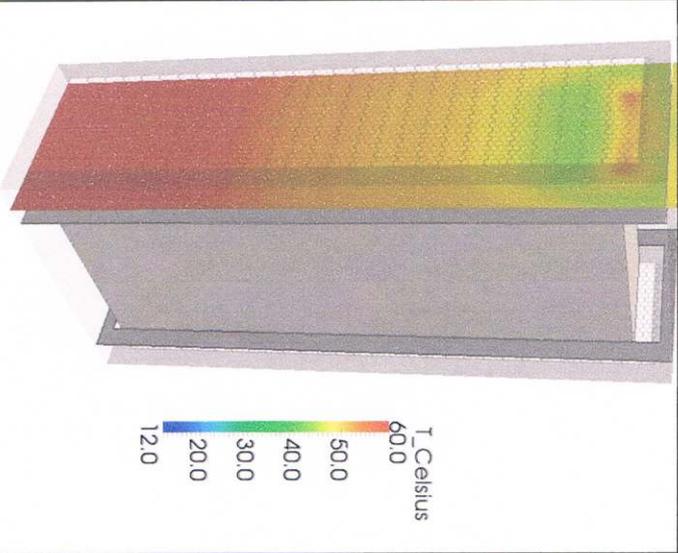
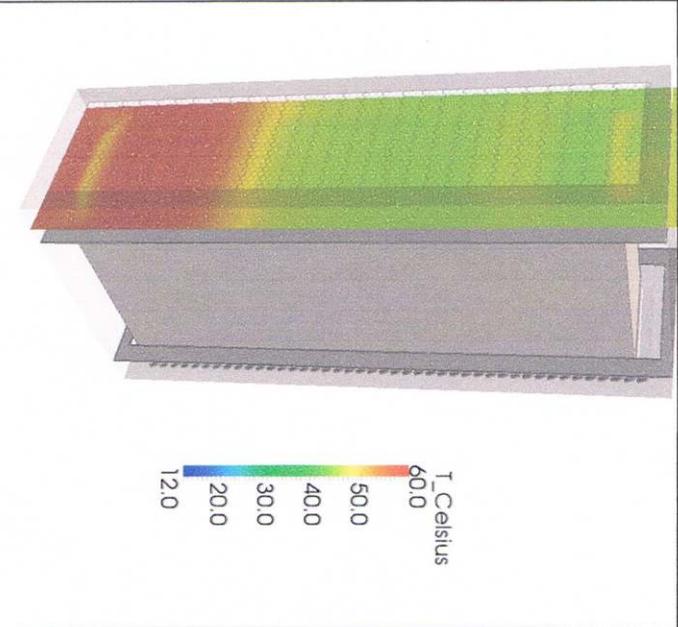
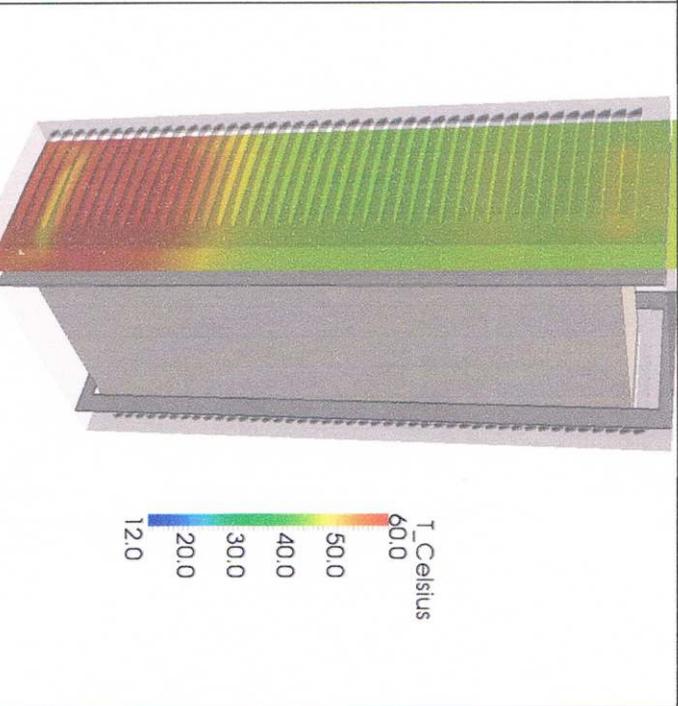
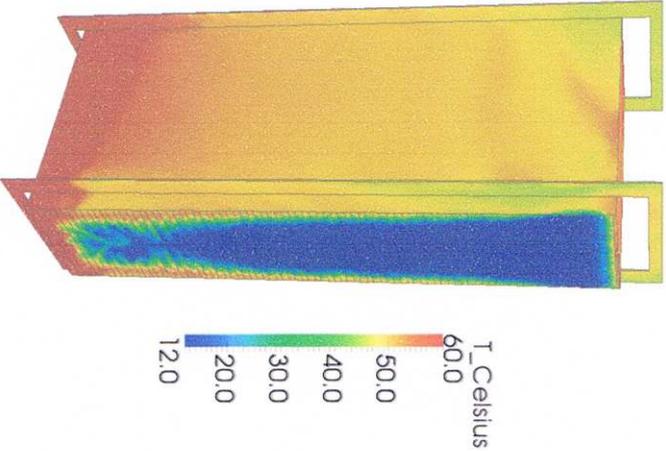
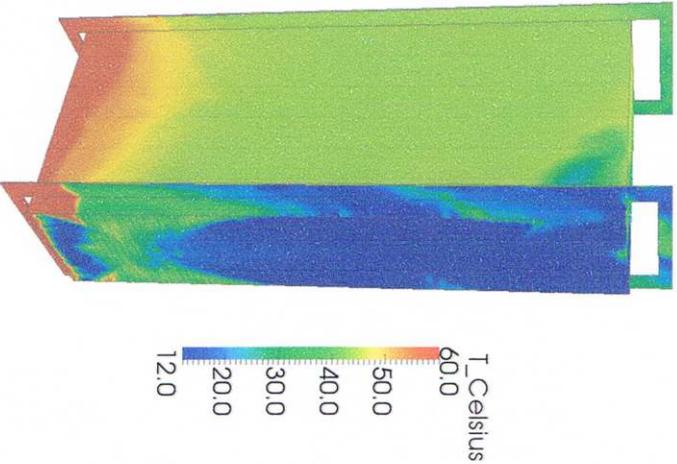
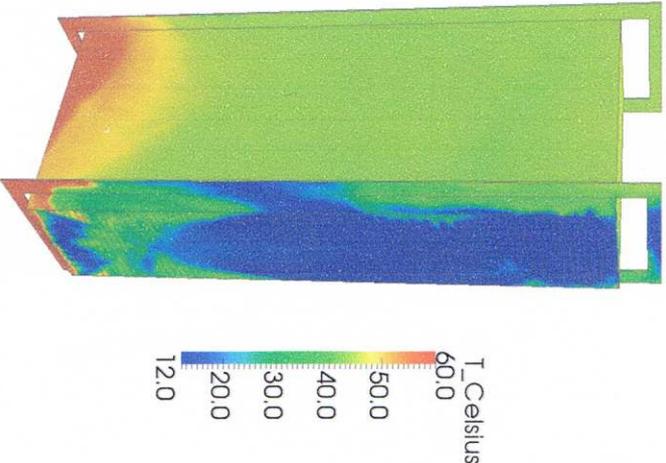


Fig4.2 c Campo de temperaturas, Geom.3



 <p style="text-align: center;">T_Celsius 60.0 50.0 40.0 30.0 20.0 12.0</p>	<p>Fig. 4.4 a- Campo de temp. Porta dianteira. Tela.</p>
 <p style="text-align: center;">T_Celsius 60.0 50.0 40.0 30.0 20.0 12.0</p>	<p>Fig. 4.4 b- Campo de temp. Porta dianteira, Venezianas.</p>
 <p style="text-align: center;">T_Celsius 60.0 50.0 40.0 30.0 20.0 12.0</p>	<p>Fig. 4.4 c - Campo de temp. Porta dianteira. Venezianas.</p>

		
<p>Nas Fig. 4.5a- Campo de temp. próximo à porta traseira. Tela</p>	<p>Nas Fig. 4.5b. Campo de temp. próximo à porta traseira. Tela.</p>	<p>Nas Fig. 4.5 c. Campo de temp. próximo à porta traseira. Veneziana.</p>

 <p>A 3D visualization of a server rack with a temperature field. The color scale ranges from 12.0 (blue) to 60.0 (red) Celsius. The top and rear walls are significantly warmer, indicated by yellow and red colors, while the front and bottom areas are cooler, shown in green and blue.</p>	 <p>A 3D visualization of a server rack with a temperature field. The color scale ranges from 12.0 (blue) to 60.0 (red) Celsius. The temperature distribution is more uniform than in Geom. 1, with the top and rear walls still being the warmest areas (yellow/orange) and the bottom being the coolest (blue).</p>	 <p>A 3D visualization of a server rack with a temperature field. The color scale ranges from 12.0 (blue) to 60.0 (red) Celsius. The temperature distribution is similar to Geom. 2, with the top and rear walls being warmer (yellow/orange) and the bottom being cooler (blue).</p>
<p>Fig. 4.6 a- Campo de temperatura nas paredes dos servidores. Geom. 1</p>	<p>Fig. 4.6 b- Campo de temperatura nas paredes dos servidores. Geom. 2</p>	<p>Fig. 4.6 c- Campo de temperatura nas paredes dos servidores. Geom. 3</p>



## 4.2. PARTE 2 – Comparação entre as grelhas de insuflamento de ar

Os resultados apresentados nesta seção visam identificar possíveis ganhos de desempenhos relacionados ao uso de grelhas de piso comum, cujo ar frio é insuflado verticalmente no Data Center, em relação ao emprego da grelha proposta pela Multiway, com ar frio insuflado com uma inclinação de  $15^\circ$  com relação ao plano vertical.

As Fig4.2a-b-c, a seguir reapresentam os resultados obtidos para as três geometrias estudadas, com o fluxo de ar frio entrando pela grelha de piso convencional, com ângulo de incidência nulo (fluxo entrando perpendicular ao chão da sala do *Data Center*). Já nas Fig. 4.7a-b-c, são apresentados os resultados de simulação utilizando as mesmas três geometrias aqui analisadas, porém com entrada do fluxo de ar frio com ângulo de incidência de 15 graus, simulando assim o piso proposto pela Multiway. Uma análise comparativa entre os resultados obtidos com ângulo de incidência zero (Fig4.2a-b-c) e ângulo de incidência  $15^\circ$  ( Fig. 4.7a-b-c), permite dizer que o efeito do uso do piso com fluxo inclinado (piso Multiway), promove uma forte redução nos níveis de temperatura na saída do rack. As Fig.4.8a-b-c reapresentam as figuras Fig. 4.7a-b-c em escalas diferentes, para melhor visualização.

Para efeitos comparativos, as Nas Fig. 4.5a-b-c a seguir, reapresentam a distribuição de temperatura em planos paralelos às portas traseiras para os casos onde a injeção de ar frio ocorre com ângulo nulo em relação à normal ao piso. Figuras equivalentes a estas, porém com condição de contorno que impõe fluxo de massa de ar frio com inclinação de  $15^\circ$  em relação à normal ao piso, são mostradas por meio das Fig. 4.9a-b-c. Pode-se observar que o nível de temperatura na região em questão caiu em cerca de 30%, evidenciando a eficiência de arrefecimento térmico com o uso da grelha inclinada (proposto pela Multiway).

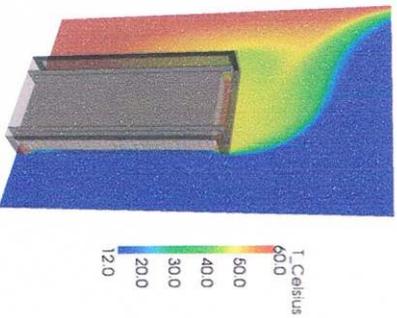


Fig4.2 a - Temperaturas. Geom.1, grelha 0°.

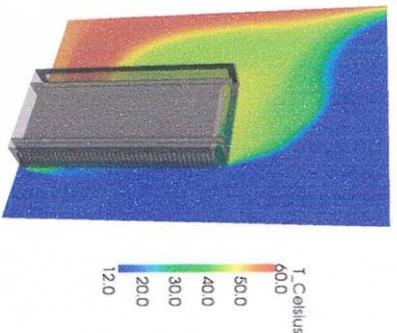


Fig4.2 - Temperaturas. Geom.2, grelha 0°.

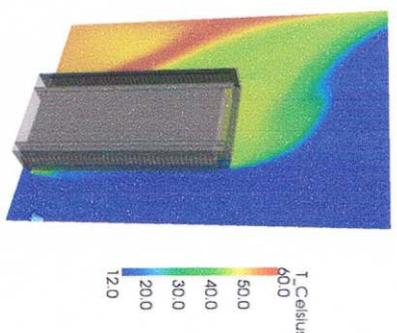


Fig4.2 c Temperaturas. Geom.3, grelha 0°.

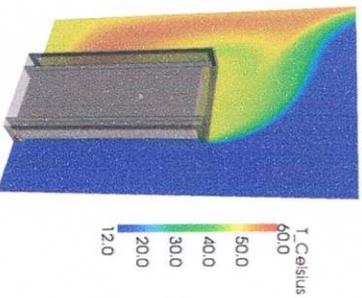


Fig. 4.7 a - Temperaturas. Geom.1, grelha 15°

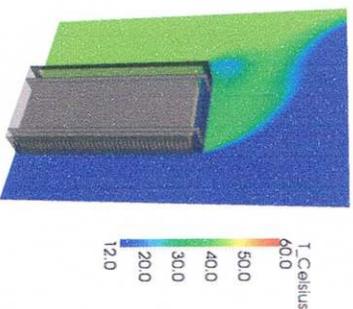


Fig. 4.7 b- Temperaturas. Geom.2, grelha 15°

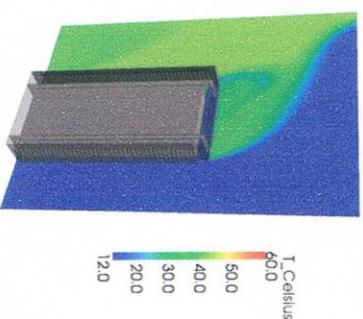


Fig. 4.7 c- Temperaturas. Geom.3, grelha 15°

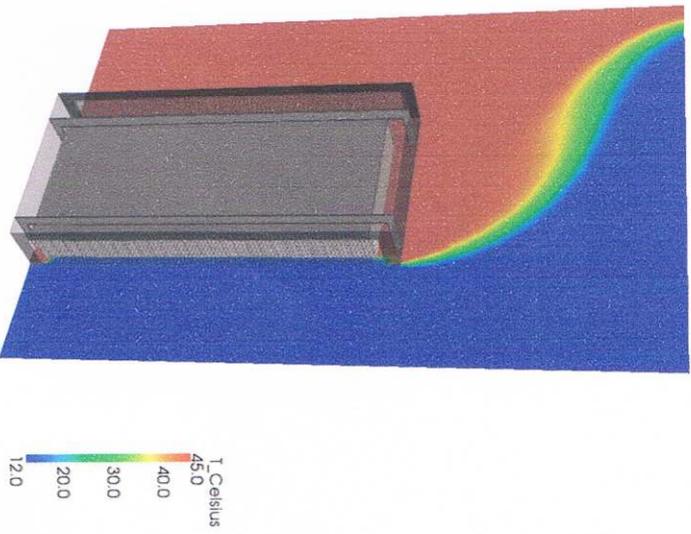


Fig.4.8a- Campo de temperaturas, Geom.1

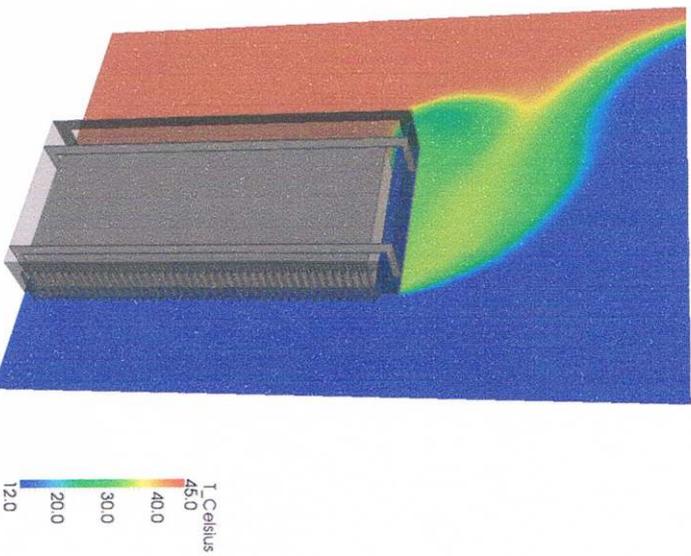


Fig.4.8b- Campo de temperaturas, Geom.2

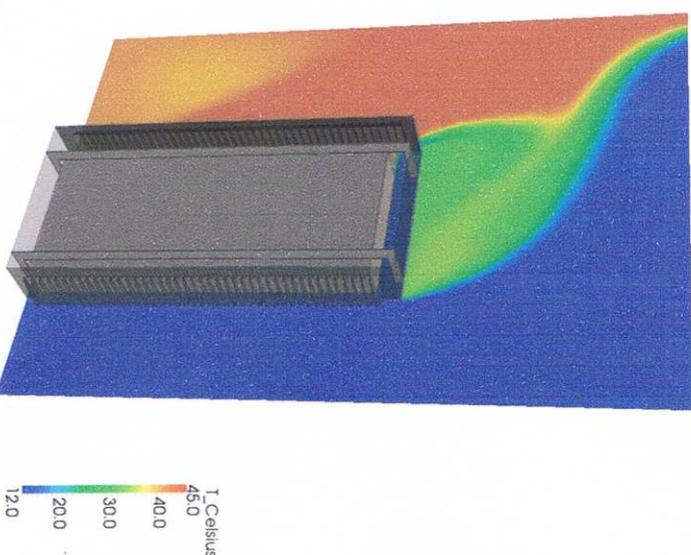
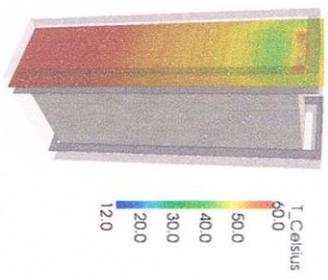
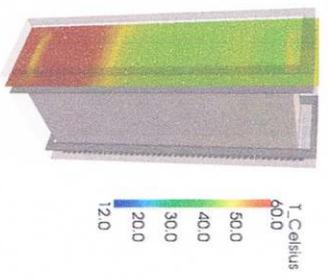
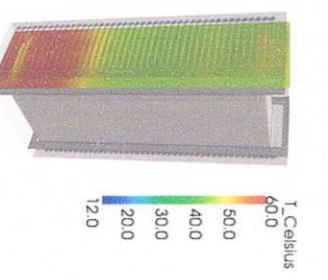
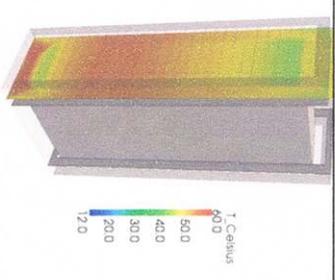
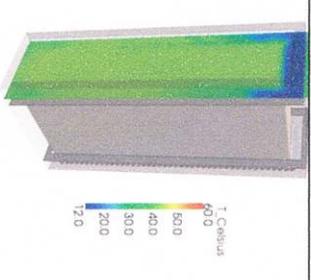
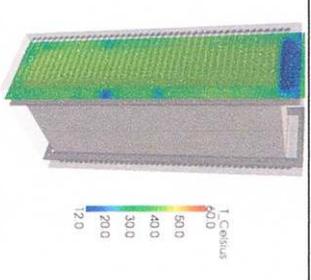


Fig.4.8c- Campo de temperaturas, Geom.3

 <p>T, Celsius      60.0      50.0      40.0      30.0      20.0      12.0</p>	 <p>T, Celsius      60.0      50.0      40.0      30.0      20.0      12.0</p>	 <p>T, Celsius      60.0      50.0      40.0      30.0      20.0      12.0</p>
<p>Nas Fig. 4.5a - Temperaturas. Geom.1, grelha 0°.</p>  <p>T, Celsius      60.0      50.0      40.0      30.0      20.0      12.0</p>	<p>Nas Fig. 4.5 - Temperaturas. Geom.2, grelha 0°.</p>  <p>T, Celsius      60.0      50.0      40.0      30.0      20.0      12.0</p>	<p>Nas Fig. 4.5c Temperaturas. Geom.3, grelha 0°.</p>  <p>T, Celsius      60.0      50.0      40.0      30.0      20.0      12.0</p>
<p>Fig. 4.9a - Temperaturas. Geom.1, grelha 15°.</p>	<p>Fig. 4.9b- Temperaturas. Geom.2, grelha 15°.</p>	<p>Fig. 4.9c- Temperaturas. Geom.3, grelha 15°.</p>

### 4.3. PARTE 3 – Análise do sobreaquecimento nas partes inferiores dos Racks

Neste subcapítulo são discutidas as possíveis causas do sobreaquecimento gerado na parte inferior do rack, além de sugerir simulações que permitam avaliar mudanças que tragam melhorias no desempenho térmico do conjunto de equipamentos analisados.

A Fig. 4.10 a-b-c-d-e-f mostram o campo de velocidades em um plano transversal às portas do rack. É possível notar uma recirculação em regiões onde existe comunicação entre a parte dianteira e traseira rack. Tal recirculação é causada principalmente pela falta de estanqueidade entre a seção traseira e frontal do rack. Como a seção traseira é uma região com uma pressão relativa maior, o ar quente que sai dos servidores tende a penetrar os espaços livres e, eventualmente, chegar à parte frontal do rack, onde a admissão de ar frio ocorre. Devido à existência de comunicação entre a parte traseira e dianteira, ocorre assim uma mistura entre o ar quente e o frio, elevando a temperatura de admissão do ar nos servidores e, por consequência, aumentando a possibilidade de superaquecimento. Como o ar admitido apresenta uma temperatura maior, a energia dissipada pelos componentes acarreta um nível de temperatura maior na saída destes servidores, e este ar mais quente eventualmente alcança a parte frontal, e o ciclo repete-se até que os níveis de temperatura atinjam valores críticos. Ainda, o aumento do volume específico (devido ao aumento da temperatura) faz com que a vazão em massa dos fans seja menor, agravando ainda mais o problema de refrigeração dos componentes eletrônicos.

Assim, a comunicação entre as partes dianteira e traseira do rack cria um bolsão de ar quente, que transfere a energia do escoamento para os servidores inferiores. Mesmo simplificado, o modelo geométrico utilizado indica que uma redução nas lacunas, ou seja, uma vedação dessas partes comunicantes poderia minimizar esse efeito de sobreaquecimento.

Pode-se observar que o uso de piso do tipo grelhas inclinadas aumenta ligeiramente pressão do lado dianteiro do rack, diminuindo o efeito de recirculação de ar quente.

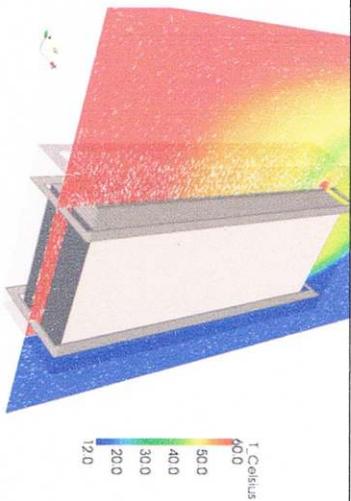


Fig. 4.10 a- Campo de escoam. – Entrada a 0°

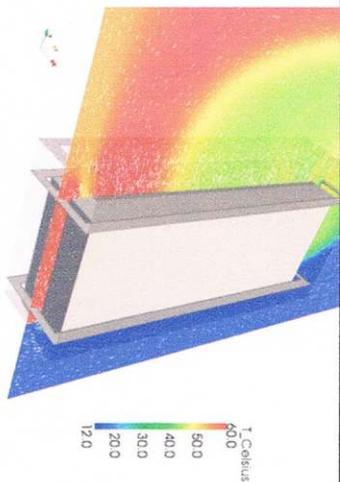


Fig. 4.10 b- Campo de escoam. – Entrada a 0°

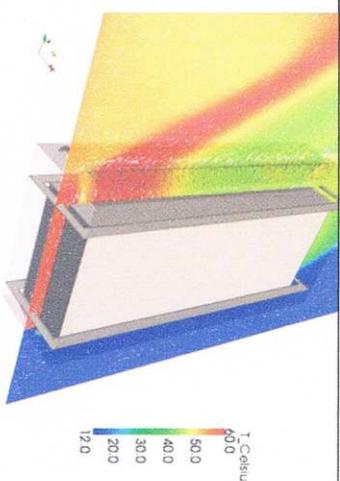


Fig. 4.10c- Campo de escoam. – Entrada a 0°

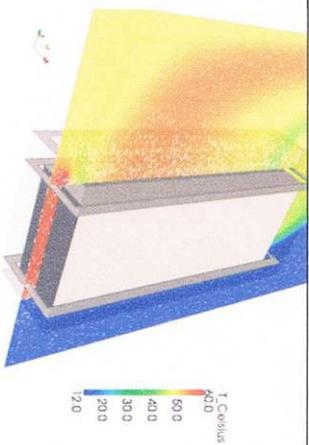


Fig. 4.10d- Campo de escoam. – Entrada a 15°

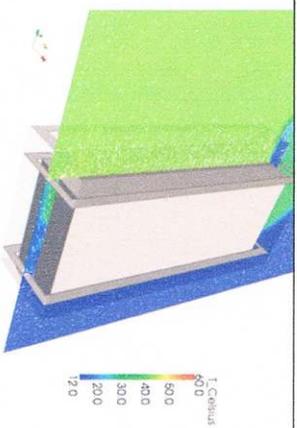


Fig. 4.10e- Campo de escoam. – Entrada a 15°

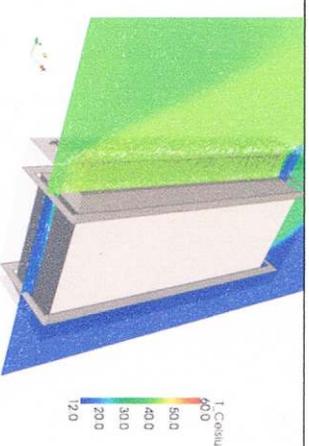
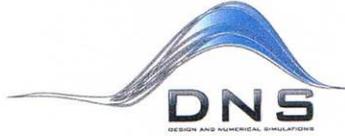


Fig. 4.10f- Campo de escoam. – Entrada a 15°



## 5. Conclusões e Recomendações

Das análises advindas da Parte 1, encontrada no capítulo 4, pode-se concluir que:

- ✓ O uso de venezianas nos equipamentos analisados promove uma redistribuição no campo de temperatura no lado externo quente dos racks.
- ✓ Embora a temperatura máxima encontrada na região quente do equipamento mantém-se iguais nas três configurações analisadas, nas geometrias compostas exclusivamente de telas, estas regiões com temperaturas mais elevadas são maiores do que nas configurações compostas por venezianas.
- ✓ As análises realizadas na parte 1 do capítulo 4 sugerem que o uso de venezianas são efetivas quando dispostas nas portas dianteiras. Para as portas traseiras, as simulações mostram que o uso de venezianas ou telas promovem efeitos similares no escoamento.

As principais conclusões obtidas na parte 2 do capítulo 4 são as seguintes:

- ✓ O uso de piso inclinado (15 graus em relação à normal), aliado à geometria com venezianas, gera uma melhora expressiva no perfil de temperaturas, proporcionando uma eficiência arrefecimento térmico da ordem de 30% quando comparado com o piso convencional, cujo ângulo de sopramento com a normal é nulo.

A conclusão e sugestão advinda das análises descritas na parte 3 do capítulo 4 são:

- ✓ Observou-se que a falta de vedação entre as partes frontais e traseiras do rack, provoca zonas de recirculação de ar quente, que ao se misturar com o ar frio da entrada eleva a temperatura do mesmo, causando um sobreaquecimento dos servidores inferiores. Sugere-se uma análise mais detalhada a fim de apurar tais evidências e solucionar o problema de superaquecimentos dos servidores inferiores.



contatos@dnsimulations.com.br  
<http://www.dnsimulations.com.br>  
CNPJ 14.004.160/0001-13

### Observação

Um dos grandes desafios para a implantação de Data Centers é a correta configuração e disposição dos elementos dentro da sala fria. Uma disposição não favorável pode levar à criação de pontos quentes no interior da sala, levando a uma baixa eficiência do sistema de ar condicionado, e também a possíveis danos aos equipamentos, devido à possibilidade de existência de bolsões de ar quente em determinadas regiões do ambiente. Foi desenvolvido pela equipe DNS um programa para geração automática da geometria da sala refrigerada, com a disposição dos racks e principais equipamentos. Tal programa procede automaticamente à preparação da malha e setup das condições de contorno de CFD, e pode ser uma ferramenta útil em um processo de otimização da configuração da sala fria.

Aluisio Viais Pantaleão, Dr.  
Diretor Tecnológico  
[aluisio.pantaleao@dnsimulations.com.br](mailto:aluisio.pantaleao@dnsimulations.com.br)  
Fone: (12) 9745-1245

Ricardo Becht Flatschart, Dr.  
Diretor Presidente  
[ricardo.flatschart@dnsimulations.com.br](mailto:ricardo.flatschart@dnsimulations.com.br)  
Fone: (11) 98168-8246