

CLIMATIZADORES EVAPORATIVOS INDIRETOS ECOLÓGICOS E POPULARES PARA
REDUÇÃO DO ESTRESSE TÉRMICO EM ORDENHADEIRAS PARA HUMANOS E ANIMAIS.

- Esp. Marcelo L. Hoffmann – marcelo_jaedi@hotmail.com.
Programa de Pós-Graduação Engenharia de refrigeração alimentar-SENAI.
- Me. Alexandre Fernandes Santos – paidakantsy@hotmail.com.
Faculdade Profissional – FAPRO, www.fapro.com.br.
- Esp. Heraldo José Lopes de Souza – heraldosouza1@gmail.com.
Faculdade Profissional – FAPRO, www.fapro.com.br.

A3 – Aplicações Energéticas

Resumo: É extremamente importante o resfriamento de ambientes para os seres humanos como para todos os animais, como vivemos num país tropical, mas com uma extensão enorme, encontramos diferenças de temperaturas nos diversos Estados da União, e o estudo das zonas de conforto térmico, proporciona um aumento na condição de vida do humano e um aumento na produção, pela diminuição do estresse causado pelas alterações de temperaturas brutas. Este artigo apresenta um sistema evaporativo indireto em locais abertos, onde se necessita uma diminuição de temperatura, para a redução do estresse térmico causado em animais e pessoas que trabalham voltadas a produção leiteira. Utilizando, materiais recicláveis e de baixo custo, aproveitando também a água da chuva para o processo da retirada de calor pela evaporação.

Palavras-chave: Evaporativos Indiretos, Resfriamento, Ambientes.

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento do preço da energia elétrica e a tendência nacional de aderir a equipamentos energeticamente mais eficientes e ambientalmente corretos, a ideia de resfriadores evaporativos vem como uma opção amigável aos olhos de quem deseja uma diminuição de temperatura junto a um baixo consumo de energia elétrica.

O resfriamento de ambientes se torna muito importante para pessoas e animais que se encontram em locais de temperatura acima da zona de conforto térmico, proporcionando um aumento na produção pela diminuição do estresse causado pelas altas temperaturas.

Este artigo apresenta a utilização do sistema evaporativo indireto que pode vir a ser fabricado pelo próprio produtor rural a partir de materiais recicláveis mesmo para climatização em locais abertos, onde se necessita uma modesta diminuição de temperatura, para a redução do estresse térmico causado em animais e pessoas voltadas a produção leiteira. Isto utilizando, em sua maior parte, materiais recicláveis e de baixo custo, aproveitando também a água da chuva para o processo da retirada de calor pela evaporação.

1.1 Sistemas de Climatização

Atualmente o sistema de refrigeração mais utilizado é o de compressão mecânica. O sistema básico consiste em um compressor, seguido de um condensador, um dispositivo de expansão e uma unidade evaporadora, conforme Figura 1.

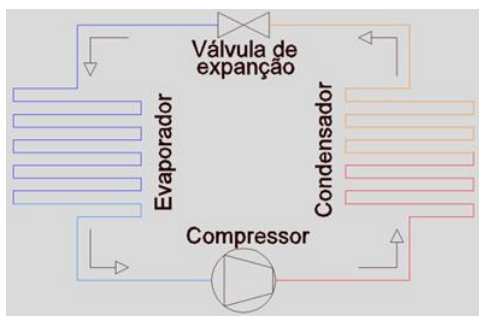


Figura 1: Esquema básico de refrigeração por compressão mecânica

Este sistema tem como vantagem o grande range de temperaturas que podem serem utilizadas para climatizar um ambiente, podendo até chegar a temperaturas negativas, dependendo dos equipamentos utilizados. Como desvantagens se tem o alto custo de instalação, manutenção e operação do equipamento, além de utilizar fluidos refrigerantes e óleos lubrificantes que agredem o meio ambiente.

O resfriamento do ar através do sistema evaporativo (direto e indireto) utiliza apenas a água e o ar como fluidos de trabalho.

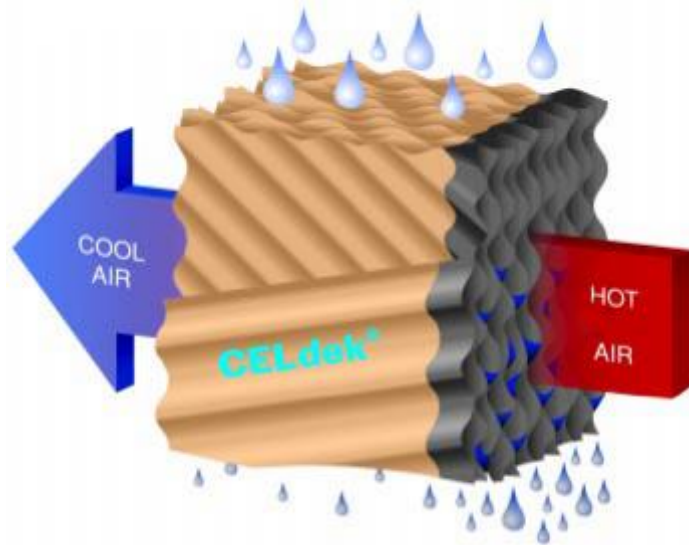


Figura 2 - Painel CELdek de auto eficiência para evaporativo direto.

Mas o evaporativo direto tem a premissa de aumento da umidade, ou seja, redução de temperatura com aumento da umidade absoluta (gramas de vapor/kg de ar seco), conforme descrito no diagrama psicrométrico abaixo:

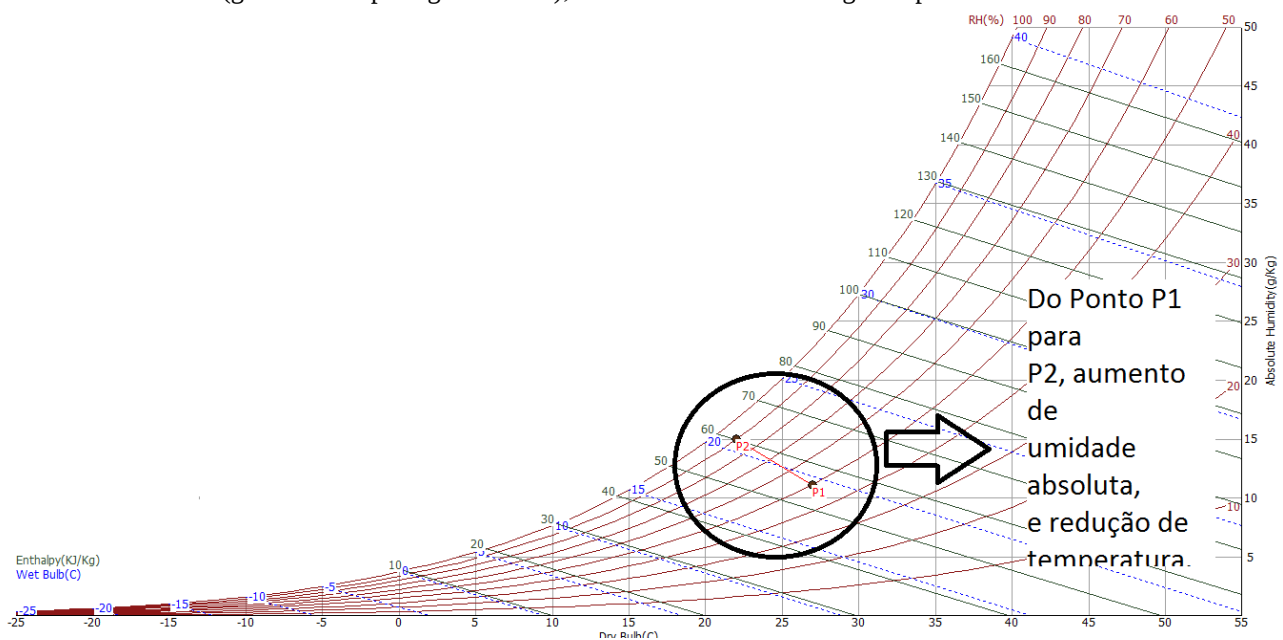


Gráfico 1 – Carta psicrométrica

Esse incremento de umidade absoluta pode ser causador de aumento de proliferação de fungos, algas e bactérias no ambiente de produção animal. Segundo a ASHRAE existe relação entre crescimento de umidade e fungos, conforme gráfico abaixo da ASHRAE:

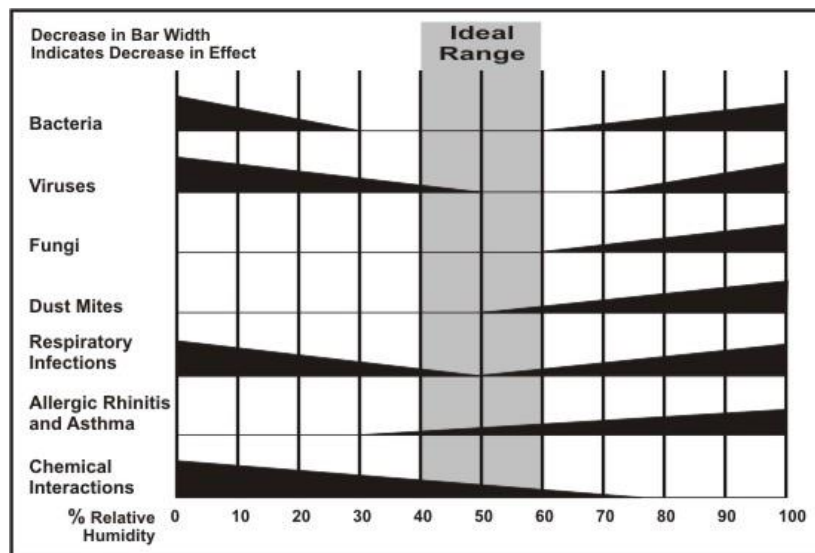


Gráfico 2 – Relação umidade e bactéria.

O processo do sistema evaporativo indireto consiste na passagem do ar através de dutos feitos de materiais que sejam bons condutores de calor, como cobre ou alumínio. Estes dutos possuem em suas paredes externas um fluxo de água e ar, sendo que a retirada de calor está na evaporação da água que se encontra em contato com o tubo. O tubo esfria e retira o calor do ar que passa em seu interior, deixando-o a uma temperatura mais baixa. Este sistema mostra-se vantajoso em locais com grande índice de renovação de ar e onde não se deseja uma mudança na umidade absoluta do ar interno, conforme esquema psicrométrico abaixo (redução de temperatura, mantendo-se a umidade absoluta):

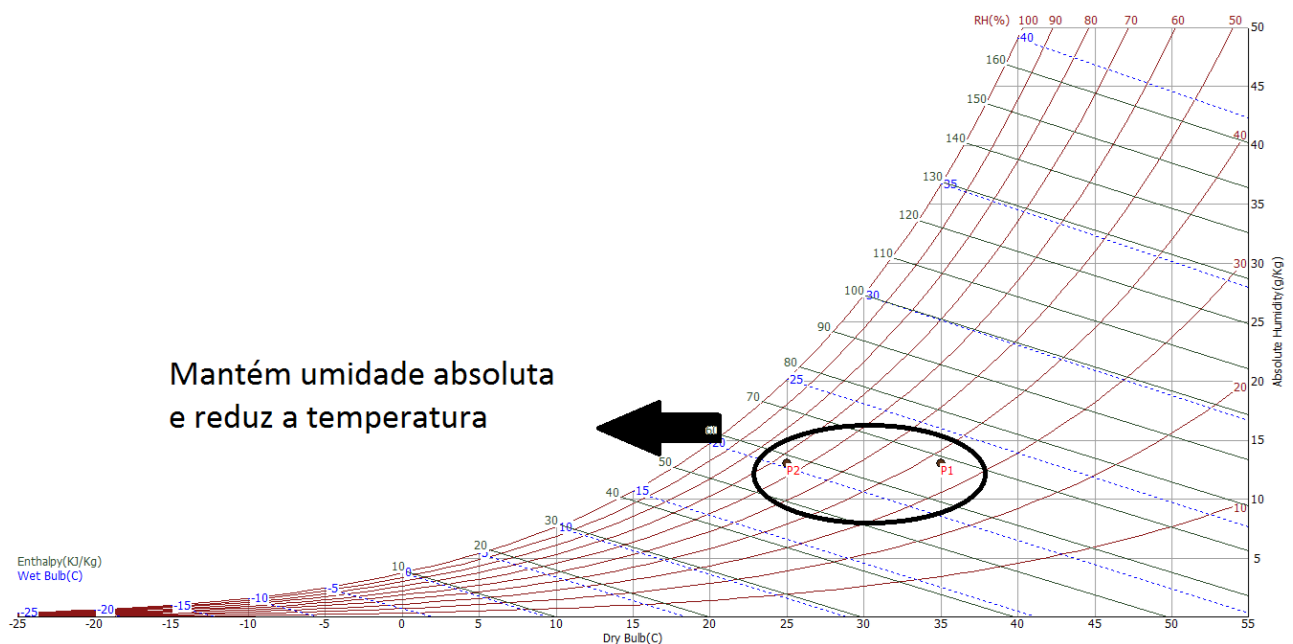


Gráfico 3 – carta psicrométrica demonstrando redução temperatura, mantendo a umidade absoluta

O esquema de funcionamento do climatizador evaporativo indireto está ilustrado nas figuras 3 e 4.

Os materiais utilizados na fabricação foram os seguintes:

- 20 metros de fio flexível 1 mm² (sobras de construção);
- 1 contatora Siemens 3RT10 15-1AN21 7 A;
- 1 interruptor simples (para iluminação);
- 40 metros de ferro cantoneira 5/8" x 1/8";
- 8 m² de forro de PVC (sobras de construção);
- 2 ventiladores axiais de 300 mm;
- 297 latas de cerveja do tipo "palito";
- 4 m² de tecido de algodão (lençol velho);
- 16 parafusos auto brocantes 4,2 x 13 mm;
- 1 rolo de fita de alumínio;
- 2 tubos de silicone acético incolor;
- 1 Reservatório de água (já existente no local);
- 2 metros de cano de PVC (sobra de construção);
- Bomba de água (máquina de lavar roupa);
- 6 folhas de isopor 100 x 50 x 2 centímetros;
- 8 m² de lona preta.

A montagem teve início com a solda das cantoneiras para formar uma estrutura de 120 x 120 x 78 cm. Algumas junções foram parafusadas para facilitar futuras manutenções.

O suporte das latas foi feito com folhas de PVC 8 mm (forro) furadas a distâncias pré-determinadas de modo que uma carreira de latas fique no mesmo distanciamento que as outras. Fazendo com que o ar externo passe igualmente por entre elas.

As latas de alumínio foram furadas ao fundo com uma serra copo 22 mm e unidas de três em três através de um pedaço de fita alumínio, sendo que esta oferece bastante firmeza na ligação e ajuda na condução térmica da evaporação da água para as latas. As latas foram envoltas por uma tira de pano de algodão para melhorar o contato da água na superfície.

A fixação das latas no suporte foi feita através do tensionamentos de arrames entre a furação de algumas das latas, que acabou ficando bastante resistente.

Após a montagem da "unidade evaporativa" (Foto 1), ela foi fixada na estrutura, juntamente com os dois ventiladores e parte das divisórias com forro de PVC. Em seguida foi colocado o cano de PVC em que a água irá passar e molhar as latas através de gotejamento (Foto 4).

Essa água cai em uma calha e é direcionada a um recipiente onde se encontra uma bomba d'água que faz o processo de recirculação. Como a água cai do distribuidor em forma de gotas e a vazão do ar não é forte o suficiente para gerar arraste, não foi necessária a instalação de um "eliminador de gotas". Observa-se também que, não havendo a dispersão de partículas de água para fora do climatizador, não existe a possibilidade de contaminação do ambiente através das bactérias como a *Legionella pneumophila*.



Foto 1 – Unidade evaporativa.



Foto2 Vista interna do climatizador.



Foto3 – Captação de água de chuva



Foto 4: Distribuidor com PVC em que a água irá passar e molhar as latas através de gotejamento.

Instalação no local de trabalho

O climatizador foi instalado em uma sala de ordenha de ambiente semiaberto, fixado a uma altura de 2,4 metros, sendo que o duto fica a uma altura de 2,6 metros, apontado para o centro do ambiente de trabalho.

A ligação elétrica do equipamento foi feita através de uma contatora 3RT10 15- 1AN21 da SIEMENS com uma capacidade de corrente de sete ampéres, acionada por um interruptor simples de sobrepor (aqueles usados em iluminação residencial). Devido à baixa corrente elétrica necessária para o funcionamento do climatizador (2,3A) e a proximidade do ramal (1,5 metros), foram utilizados fios flexíveis de 1mm² de secção transversal. Dois termômetros digitais foram instalados, um na entrada de ar e o outro na saída do duto, apenas para mostrar a diferença de temperatura do ar que passa pelo sistema.

O circuito hidráulico acontece da seguinte forma: uma bomba de água faz com que o líquido passe por uma mangueira e seja enviado até os canos de PVC, que fazem com que essa água seja distribuída igualmente por todas as latas. A água que vai passando pelas latas cai em uma calha e é transporta até um recipiente, onde é novamente succionada pela bomba, fechando assim o circuito. A adição de água para compensar a que se perde no processo de evaporação é feita manualmente, caso haja necessidade, levando em consideração que a cada vez que o climatizador é utilizado, a água que sobra no final é descartada, para evitar a criação de fungos e bactérias e não permitir um ambiente favorável para a reprodução de insetos, como o mosquito da dengue. Portanto, quando necessário o uso do climatizador, a água no recipiente deve ser reposta. A água utilizada no processo é captada da chuva e armazenada em tambores fechados.

Escolha dos materiais e princípios de funcionamento.

A utilização de latas de alumínio foi escolhida por ser um material reciclável, leve, e com excelente condutibilidade térmica, além de proporcionar um fluxo de ar turbulento em seu interior, o que melhora a troca térmica entre o ar e a lata e aumenta o rendimento do equipamento.

O tecido colocado ao redor das latas serve para melhorar a área de contato da água com as mesmas. A ausência do tecido faz com que a água fique escorrendo em forma de trilhos, reduzindo drasticamente a área de contato entre a água e as latas e o rendimento do equipamento.

O forro de PVC foi utilizado visando um isolamento térmico do ar que passa pela parte interna do climatizador com o meio externo, além de ser um material leve e de fácil manuseio. O isopor entrou como um auxílio no isolamento térmico.

Foram utilizados dois ventiladores axiais, um com vazão de ar de 1800 m³/h para retirar o ar que passa por fora das latas e promover a entrada de ar seco no sistema para que a água evapore e retire o calor dos dutos, e outro com vazão de 2050 m³/h para forçar o ar a passar por dentro das latas, resfriando-o, e sair pela extremidade do duto, que possui diâmetro de 350 mm.

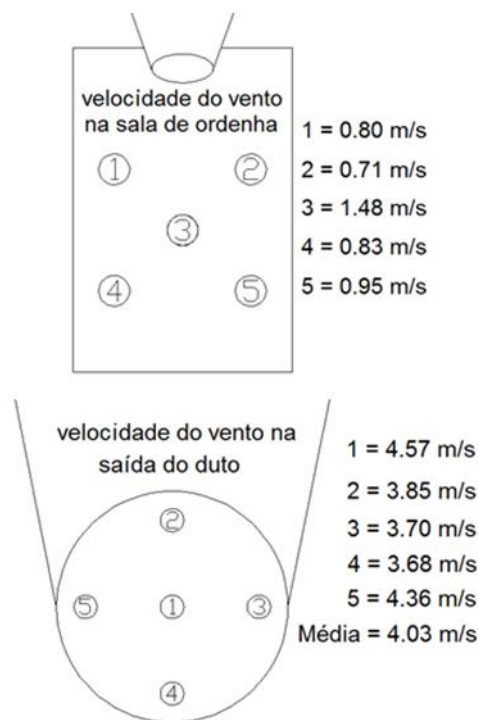


Figura 5: Velocidades do ar.

Resultados e conclusões

Em testes realizados no local foi observado o seguinte:

Sem climatização, a temperatura do local estava a 33,6°C e U.R. (umidade relativa) em 70% sendo que o índice de calor, que é a temperatura sentida com a combinação da temperatura do ar e a umidade do ar, era de 44°C. Após ligar os ventiladores, a temperatura do ar permaneceu a mesma, porém o índice de calor diminuiu, por motivo do ar que sai pelo duto produzir uma brisa que expulsa o ar úmido e aquecido do ambiente, enviando um ar mais seco com aproximadamente 55% de U.R. (que é o ar que entra no climatizador), resultando num índice de calor de 38°C. Quando a água começou a circular pelo sistema a temperatura medida pelo sensor caiu para 30,4°C, reduzindo ainda mais a temperatura sentida pelos trabalhadores, que ficou em torno de 32°C (Tabela 1).



Foto 5 - Detalhe das temperaturas.

Tabela 1 - Tabela utilizada para encontrar a sensação de calor sentida pelas pessoas.

Índice de Calor (°C)													
	Umidade Relativa (%)												
Temperatura	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
47	58												
43	54	58											
41	51	54	58										
40	48	51	53	58									
39	46	48	51	54	58								
38	43	46	48	51	54	58							
37	41	43	45	47	51	53	57						
36	38	40	42	44	47	49	52	56					
34	36	38	39	41	43	46	48	51	54	57			
33	34	36	37	38	41	42	44	47	49	52	55		
32	33	34	35	36	38	39	41	43	45	47	50	53	56
31	31	32	33	34	35	37	38	39	41	43	45	47	49
30	29	31	31	32	33	34	35	36	38	39	41	42	44
29	28	29	29	30	31	32	32	33	34	36	37	38	39
28	27	28	28	29	29	29	30	31	32	32	33	34	35
27	27	27	27	27	28	28	28	29	29	29	30	30	31
Categoria	Índice de Calor				Possíveis problemas ocasionados pelo calor								
Extremo Perigo	> 54°				Golpe de Calor ou possível insolação								
Perigo	41° - 54°				Insolação, câimbras musculares e/ou esgotamento pelo calor. Possível insolação por prolongada exposição e/ou atividade física								
Precaução Extrema	32° - 41°				Insolação, câimbras musculares e/ou esgotamento pelo calor. Possível insolação por prolongada exposição e/ou atividade física								
Precaução	27° - 32°				Possível fadiga por prolongada exposição e/ou atividade física								

A conclusão que pode ser tirada deste trabalho é que, em ambientes abertos e onde não é possível a recirculação do ar pelo climatizador, a opção pelo resfriamento evaporativo indireto se torna vantajosa, visto que seu custo de aquisição (aproximadamente R\$ 600,00) é inferior se comparado a um sistema de refrigeração por compressão mecânica (ar condicionado, em torno de R\$ 1200,00), e também pela baixa manutenção e consumo de energia elétrica deste equipamento. A redução de temperatura foi satisfatória para os funcionários que trabalham no local.



Foto 6 - Climatizador em operação.

REFERÊNCIAS

- ASHRAE. **Relative humidity**. Disponível em www.ashrae.org, Acessado em 03/02/2016.
- CAMARGO, José Rui. **Resfriamento Evaporativo – Climatização Ecológica**. Editora Ciência Moderna Ltda., 2009.
- COSTA, Ennio Cruz da. **Física aplicada à construção – Conforto térmico**. Editora Blucher. 4 edição. São Paulo. 2011.
- DRENERGYSAVER. **Two stage evaporative cooling**. Disponível em <http://www.drenergysaver.com/cooling-systems/evaporative-cooling/two-stage-evaporative-cooling.html>, Acessado em 03/04/2016.
- MOREIRA, José R. Simões. **Fundamentos e aplicações da Psicrometria**. RPA Editorial Ltda., 1999.
- MUNTERS. CELdeck. Disponível em www.munters.com.br, Acessado em 10/02/2016.
- NÃÃS, Irenilza de Alencar. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. Editora Ícone. São Paulo. 1989.
- NOAA, **El Calor Extremo: El Principal Causante De Muerte**. Disponível em: <http://www.nws.noaa.gov/om/heat/index-s.shtml#wwa>, Acessado em 25 de março de 2015.
- STEINBRECHER, R. A.; SCHMIDT, R. **Data Center Environments: ASHRAE's Evolving Thermal Guidelines**. ASHRAE Journal. December 2011, pp. 42.

Abstract: *It is extremely important cooling environments for humans as for all animals, we live in a tropical country, But with a huge extension, we found differences in temperatures in the various States of the Union, and the study of thermal comfort zones, provides a increase in living conditions of humain and an increase in production, the reduction of stress caused by changes in gross temperatures. This article presents an indirect evaporative system in open areas, where it requires a decrease of temperature to reduce the thermal stress on animals and people who work aimed milk production. Using, recyclable and low-cost materials, also taking advantage of rainwater to the heat removed from the process by evaporation.*

Keywords: *Indirect Evaporative, Cooling, environment.*